DELL' ORIGINE, DE' PROGRESSI E DELLO STATO ATTUALE D'OGNI LETTERATURA.

TOMO QUARTO

CONTENENTE

LA PRIMA PARTE

DELLE SCIENZE NATURALI.

DELL'ORIGINE, PROGRESSI E STATO ATTUALE D'OGNI LETTERATURA

DELL' ABATE
D. GIOVANNI ANDRES
SOCIO DI VARIE ACCADEMIE.

PARMA
DALLA STAMPERIA REALE
cIↄ. Iↄcc. xc.
CON APPROVAZIONE.

PREFAZIONE

Che non dovrà sperare un saggio Lettore al vedersi introdotto a contemplare il quadro, che rappresenta *l'Origine, i Progressi, e lo Stato attuale delle Scienze naturali?* Un'opera, che contiene il deposito delle verità scoperte dagli uomini collo studio di tanti secoli; un'opera, che rende conto all'uman genere delle gloriose fatiche de' più nobili suoi individui destinati dalla natura per coltivare le scienze; un'opera, che mette in vista le forze dello spirito umano, e mostra le ingegnose risorse, che nelle sue urgenze ha saputo inventare, e i fortunati successi, che ne ha ottenuto; la storia insomma *dell'Origine, de' Progressi, e dello Stato attuale delle Scienze naturali* dèe per molti riguardi interessare vivamente l'universale curiosità. Amasi di vedere la continuata derivazione, e la genealogía, per così dire, delle scientifiche scoperte, e di conoscere i vincoli di vicendevole dipendenza, con cui fra loro sono legate; si sente piacere in isviluppare la successione delle idee, e dalle basse, e ristrette de' primi tempi venir passo passo alle grandiose e sublimi de' filosofi de' nostri dì; si gode di contemplare unite, e in un tratto tutte le scienze, che comunemente non vedonsi che disgiunte, e partite: gli studiosi giovani s'infiammano dell'amore delle scienze al ve-

derle produrre sì belle ed inaspettate verità; una secreta, e soavissima compiacenza ricerca gli animi degli uomini grandi all'osservare i penosi sforzi, di cui è stato d'uopo per acquistare le cognizioni, ch'essi or riguardano come troppo facili e piane, e poco meritevoli della loro attenzione, e al considerare l'infinita superiorità, a cui hanno saputo innalzare le loro proprie; si versano, e si diffondono ad ogni classe di lettori i lumi, che i più sublimi ingegni non hanno potuto ottenere che con grandi stenti, e fatiche; e studiosi e maestri, dotti ed indotti tutti possono goderne, tutti possono trarne o piacere, o istruzione, o consolazione, od incoraggimento. Che belle immagini, che nobili tratti, che vivi colori non offrono errori combattuti e disfatti, verità disotterrate, e messe in bel lume, scoperte contrastate, e rimaste alla fine vittoriose e trionfanti, uomini grandi venuti alle mani colla natura per carpirle qualche secreto, or vincitori, ora vinti, e tant'altri grandiosi soggetti, che presenta questo argomento? Ma potrò io lusingarmi d'adempiere colle mie fatiche tant'aspettazione de' curiosi lettori? Quanto più conosco la vastità, varietà, e grandezza degli oggetti, che si comprendono in questa storia, tanto ho più ragione di temere, che lungi dall'approvazione degli studiosi e de' dotti, che ad un' opera di questa fatta conviensi, non debba riportare meritamente il biasimo degli uni e degli altri. Le vicende, e i progressi d'una sola scienza bastano ad occupare pienamente lo studio d'un dotto filosofo, che le voglia

degnamente descrivere; la storia sola della fisica sperimentale sembra al Priestley un'opera immensa, e superiore all'impresa di qualunque uomo per quanto sia erudito (*a*). Qual confusione della mia temerità, che colla debolezza de' miei talenti, colle angustie del tempo, che deggio dividere in tant'altre materie, e colla ristrettezza delle pagine, che la natura, e la ragione di quest'opera richiede, ardisco d'offrire la storia non solo della fisica sperimentale, o d'una scienza soltanto, ma di tutte insieme le scienze naturali? So, che per ben trattare la storia d'una scienza d'uopo è volgerla, e rivolgerla a parte a parte, penetrare intimamente in tutti i suoi punti, ritornare più volte su ciascun d'essi, e vederne tutte le relazioni, conoscerla pienamente in tutta la sua estensione, ed essere bene al fatto di tutte le aderenze, che possa avere, empiersi delle sue massime, delle sue riflessioni, e delle sue vedute, esser compreso dalla dignità, e grandezza de' suoi lumi, e delle sue verità, non pensare, non parlare, non respirare, non vivere che tutto, e solo per quella scienza, che vuolsi rappresentare. Ed io, che per la tardità dell'ingegno non posso elevarmi a cogliere con libertà, e sicurezza le sottili teoríe, e le sublimi scoperte de' genj creatori, nè posso per la ristrettezza del tempo agiatamente maneggiare ogni punto, e rendermene padrone, che appena introdotto stentatamente ne' penetrali d'una scienza deggio tosto abbandonarla per rivolgermi a un'altra; e diviso in tante mate-

(a) *Hist. de l'électr.*, Préface.

rie non posso liberamente darmi ad alcuna, e debbo restare straniero a tutte, potrò io lusingarmi di trattare con qualche decoro e dignità l'origine, i progressi, e lo stato attuale di tutte le scienze naturali?

A' difetti della mia intelligenza e capacità s'aggiungono le difficoltà dell'esecuzione per la ristrettezza de' volumi destinati a quest'argomento, e per la varietà de' lettori, la cui approvazione bramasi d'incontrare. Come in sì brevi pagine abbracciare tante materie? Come metterle in qualche buon lume, ed ornarle colla conveniente eloquenza? La quadratura del circolo ha data al dotto e savio Montucla materia bastante per un volume di storia; due, o tre storie diverse abbiamo della cicloide; più e più volumi ci ha dato il Priestley per la storia della sola elettricità; come in pochissimi versi sbrigare noi tutte queste materie? Quanti tomi non empiono la storia della medicina del le Clerc, e quella della sola anatomía del Portal? Quanti non n'occuperà quella della chirurgía del Perilhe, se sarà condotta al suo termine? La storia della giurisprudenza romana forma un volume di maggior mole nelle mani del Terrasson. Due pieni tomi ha dati il Montucla alla storia delle matematiche, senza arrivare a toccar questo secolo, che potrebbe prestargli materia per altri due. Quattro, o diremo anche cinque ne ha impiegati il Bailly per presentare la storia della sola astronomía. Come noi in soli due tomi comprender non solo tutte queste, ma tante altre scienze non esposte ancora storicamente da altri scrittori?

Benchè sia scarsa la mia erudizione, avrei pure potuto non poche volte dire qua e là cose nuove o sconosciute, o mal intese, o non bene sviluppate dagli scrittori, che hanno toccate tali materie: ma come impiegare le pagine in discussioni, citazioni, e ragionamenti, mentre fanno bisogno per tant'altre cose, note bensì, ma necessarie, ed indispensabili pel compimento di tutta l'opera? Gli uomini grandi, le luminose scoperte eccitano l'entusiasmo dello scrittore, e lo trasportano a contemplare le relazioni, abbandonarsi alle riflessioni, distendersi negli elogj, e mostrar l'impressione, che fa nel suo animo la vista di genj sì grandi, e di sì nobili verità. Ma noi dobbiamo soffocare ogni movimento, astenerci d'ogni riflessione, spianazione, e lumeggiamento, toccar tutto solamente di volo, e tenerci ristretti ad una fredda, e digiuna narrazione. Quanto non ci sarebbe stato più facile, e men brigoso e molesto il lasciar correre liberamente la penna, versar su la carta quanto a maggiore illustrazione, e maggior ornamento delle materie ci presentava la lettura, la meditazione, e la fantasía, ed empiere molti e grossi volumi su ciascuna di queste scienze, che non dover di continuo contar le righe, misurar le parole, tagliar l'espressioni, e faticar doppiamente per ristringere a poche pagine, e render breve ed oscuro, secco ed informe ciò, che in maggior ampiezza sarebbe forse riuscito spontaneamente con maggiore felicità! La diversa disposizione de' lettori accresce la difficoltà dell'esecuzione di quest'opera. I dotti, e periti

nella scienza, di cui si tratta, non abbisognano di particolareggiamenti, e dettaglj, e molti pertanto non cercano che vedute in grande, e generalità, e pochi fatti; ma presentati in tal guisa, che abbraccino la storia delle scienze, e de' secoli; ma alcuni nondimeno amano di ritrovarvi tutto quello che sanno, e si compiacciono di veder messe in conto tutte le cognizioni, che hanno richiesta qualche loro fatica di lettura, e meditazione. Gli studiosi giovani, e i lettori meno istruiti hanno d'uopo d'una istruzione più sviluppata; ed alcuni brameranno pertanto di ritrovare i fatti spiegati e distesi, di vedere le idee intermezze, e di seguire passo per passo i progressi, che ha fatti la scienza; ma altri all'incontro, appunto perchè poco intendenti di quelle materie, fuggono la stucchevolezza degli sminuzzamenti e dettaglj, e si contentano di vedute generali, e tratti interessanti, che tengano viva, ed attenta la curiosità, senza nojarsi in particolareggiate sposizioni. Noi ci siamo studiati di tenerci in un mezzo discreto, nè soli accennamenti, e sole generalità, nè troppo frequenti, e troppo distese spiegazioni, sviluppare alcune scoperte, e svolgere alcune verità, altre nominarle soltanto, e lasciarle all'intelligenza ed erudizione de' leggitori, e procurare qualch'istruzione a' men dotti, e a' dotti qualche piacere. Ma pur troppo conoscendo la difficoltà della riuscita, e la nostra tenuità, temiamo con ragione all'opposto di recar noja agli scienziati, lasciare senza istruzione gli studiosi, e incontrare la giusta disapprovazione di tutti.

Perchè dunque non abbandonare, secondo il consiglio d'Orazio, un'impresa, che non può eseguirsi col dovuto splendore, ma voler anzi andare incontro a' biasimi, e alle riprensioni? Io m'affido all'indulgenza, e discrezione de' lettori. Una tal opera mancava ancor alle scienze; ed era pur utile, forse anche necessaria, al migliore loro coltivamento. S'io ho avuto il coraggio d'intraprenderla, se adopero le mie, qualunque sieno, forze, nè perdono a stenti e fatiche per eseguirla con qualche buon esito, non potrò sperare il compatimento de' savj per la mia volontà e diligenza, anzichè i loro rimproveri per l'incauto ardire, o per l'innocente temerità? Che se poi, malgrado tutto lo studio, e tutti gli sforzi non sono riuscito colla bramata felicità; se talor prendo sviste nell'intelligenza d'alcuni autori; se manco della dovuta giustezza, e chiarezza nella spiegazione delle scoperte, e delle teoríe; se incorro in altri difetti, che avrei dovuto, e forse anche avrei potuto schivare, mi lusingo, che non vorranno incolparne la mia premura, ed appormela a biasimo, ma riferire alla grandezza, e difficoltà dell'impresa i mancamenti dell'esecuzione, e che ad ogni modo ameranno più d'avere tal opera con alcuni difetti, che non averla di sorta alcuna: a me basta poter presentare un'opera, che non sia affatto disutile a' lettori, e dove trovino gli studiosi qualche poco da apprendere, e non abbiano i dotti molto da condannare. La vastità della materia non ha potuto ristringersi in un sol volume: abbiamo dovuto distenderla in due, e vi

rimane ancor troppo stretta. Le Matematiche, e quelle parti, che comunemente sono intese col nome di Fisica, si comprendono in questo primo, e si riservano all'altro la Chimica, Botanica, Medicina, e tutte le altre scienze naturali. Inchiudonsi fra queste la Logica, la Giurisprudenza, ed altre, le quali, benchè possano dirsi più giustamente intellettuali, e morali, noi chiamiamo qui naturali a distinzione delle ecclesiastiche, o divine, che daranno materia all'ultimo tomo, e a quelle le uniamo, più attenti ad un comodo acconciamento delle materie in quest'opera, che ad una rigorosa esattezza nella divisione delle scienze. Il desiderio de' lettori, e la nostra premura dèe essere della giusta e perfetta trattazione di tutte le scienze sotto qualunque ordine vengano disposte: noi le presentiamo a' lettori come meglio abbiamo saputo ridurle, ed invitiamo lo zelo, e il sapere de' dotti a ricevere questa come un semplice abbozzo, e darci essi un'opera compiuta e perfetta, quale la dignità dell'argomento richiede, e quale dalla debolezza delle nostre forze non può sperarsi.

INDICE
DE' CAPITOLI
DEL
QUARTO TOMO.

Dell'origine, de' progressi, e dello stato attuale delle scienze naturali. Pag. 1

LIBRO I.

DELLE MATEMATICHE.

CAPITOLO I.

Delle matematiche in generale. 17

CAPITOLO II.

Dell'aritmetica. 38

CAPITOLO III.

Dell'algebra. 77

CAPITOLO IV.

Della geometria. 123

CAPITOLO V.

Della meccanica. 176

CAPITOLO VI.

Dell'idrostatica. 214

CAPITOLO VII.

Della nautica. 233

CAPITOLO VIII.

Dell'acustica. 247

CAPITOLO IX.

Dell'ottica. 284

CAPITOLO X.

Dell'astronomia. 314

LIBRO II.

Della fisica. 393

CAPITOLO I.

Della fisica generale. 394

CAPITOLO II.

Della fisica particolare. 446

DELL'ORIGINE, DE' PROGRESSI E DELLO STATO ATTUALE DELLE SCIENZE NATURALI.

Pregio della storia delle Scienze Naturali.

Non v'ha il più chiaro monumento della sublimità, e quasi direi divinità dello spirito umano, quanto il quadro, e la storia delle Scienze Naturali. Collocato l'uomo in questo vasto teatro della natura, abbandonato alla rozzezza della materia, giacerebbe ozioso, ed inerte, occupato soltanto nel soddisfare a' materiali bisogni, abbagliato dalle false rappresentanze de' sensi, senza curarsi di stender più oltre i curiosi suoi sguardi. Lo spirito attivo e vivace levando gli occhi attorno a questa gran macchina dell'universo, non appagandosi delle immagini, che i fallaci sensi gli presentano, rompendo il velo, sotto cui tiensi celata la natura nelle sue operazioni, entra nel sottile, ed attento esame de' più secreti ed involuti fenomeni, ed ardisce di penetrare ne' più arcani misterj della natura. Piccioli luccicori nella fosca notte veduti in aria, taciti movimenti non percettibili che a replicate osservazioni lo sollevano a formare infiniti mondi, e a stabilire le leggi, su cui vien regolata tutta la macchina dell'universo. Invan la natura ne' corpi asconde fluidi sconosciuti; la sua penetrazione glieli fa discoprire, e donde meno pensavasi sa ricavare sicura guida per dirigersi nelle difficili navigazioni, mezzi opportuni per ripararsi dalle meteore, e convenienti ajuti per sollevarsi a camminare nell'aria. Le sotterranee miniere, gl'invisibili insetti, le belve feroci, gli uccelli, i pe-

sci, le conchiglie, le piante, i sassi, tutti gli esseri della natura, piccioli o grandi che sieno, tutti s'arrendono a' sagaci suoi sguardi, e s'assoggettano alle scientifiche sue contemplazioni. Lo stesso spirito, benchè indivisibile e immateriale, si presta ad una rigorosa anatomía, e si rende a sè stesso soggetto di finissime speculazioni. Iddio stesso, tuttochè tanto a lui superiore, gli si dà pure a conoscere, e si lascia, per così dire, maneggiare nelle sue filosofiche meditazioni: tutta quanta la natura creata collo stesso suo creatore è sottomessa alla contemplazione dello spirito umano, e in varie classi divisa forma le classi diverse delle scienze naturali, e dà un glorioso testimonio della sublimità e penetrazione dello spirito umano, che ha saputo sottoporla alle sottili sue teoríe. Or che piacevole spettacolo non dovrà presentare la storia di queste scienze? Vedere, per così dire, levarsi avanti agli occhi da piccioli fondamenti il vasto edifizio di tutte le scienze; vederne alcune nascere, e crescere in breve tempo, altre appena nate cadere in dimenticanza senza più rimettersi in piedi, se non dopo molti secoli; leggieri principj produrre rapidamente grandiose scoperte; feconde e nobili verità rimanere sterili, ed oziose per lunghi anni. Osservare altronde le nazioni asiatiche mantenere per tanti secoli i semi delle scienze, e produrre sì pochi frutti: i Greci al contrario agitati da uno spirito di curiosità correre alle straniere nazioni per apprendere le loro scienze, e riportatene appena superficialissime cognizioni, colle fatiche del proprio ingegno, e colle proprie speculazioni formare perfette scienze, e farsi maestri di tutto il mondo: il resto tutto del mondo, fuor della Grecia, starsi spensierato, ed ozioso, senza curarsi di promovere queste scienze, e neppure di conservarle: sorger dal fondo dell'Asia, dal mezzo dell'ignoranza, e della barba-

rie gli arabi, far rinascere le greche scienze, avanzarle, e trasmetterle agli europei, che per tanti secoli le avevano neglette; e questi poi abbracciarle con tanto ardore, che in brevi anni hanno loro recato maggiore ingrandimento, che ricevuto non avevano in tanti secoli dagli arabi, da' greci, e da tutto il mondo. Queste vicende, e queste varietà deggiono formare ad un filosofo osservatore un piacevole, ed istruttivo spettacolo, e queste verranno da noi brevemente abbozzate ne' libri di questo tomo.

Delle antiche nazioni.

Senza dare fede alle molte favole, che alcuni vani rabbini, ed alcuni moderni filologi ci vogliono vendere delle recondite cognizioni di chimica, di storia naturale, e di matematica d'Adamo, e de' primi nostri antenati; senza abbracciare per veri i libri d'Adamo, d'Abele, e d'altri vetustissimi pretesi scrittori; senza riconoscere come reali le loro scuole, e le diverse lor sette filosofiche, che alcuni intemperanti scrittori pretendono d'asserire, potremo pur credere, che i primi uomini, dotati di fibre più delle nostre vigorose e robuste, e privi di tanti pensieri, che distraggono le nostre menti dalle scientifiche meditazioni, cercassero il loro diletto nella contemplazione della natura, la prendessero a soggetto de' loro discorsi, e ne facessero in qualche modo varie classi di scienze. La lunghissima loro vita doveva render più facile lo stabilimento di tali scienze. I principj trovati da un buon ingegno potevano essere più sodamente confermati co' molti secoli di replicate esperienze ed osservazioni del medesimo, e potevano altresì più facilmente conservarsi senz'alterazione, ed accrescersi con vantaggio cogl'iterati colloquj, e col perpetuo ed interminabile convivere degli studiosi, che gli abbracciavano. Se Ippocrate ed Archimede, se Galileo e Newton avessero goduta la lunga vita degli antediluviani, quan-

to maggiori progressi non avrebbero ricevuti a quest'ora la medicina, la fisica, la geometría, la meccanica, l'ottica, l'astronomía? E in verità le invenzioni delle arti, che certo suppongono molte scientifiche cognizioni, alcune espressioni della scrittura, e i testimonj di Giuseppe, e d'altri ebrei potrebbono darci qualche non debole argomento da far comparire altamente scientifici gli uomini di quella remota età. Le stesse opinioni de' moderni filosofi ed eruditi, che fanno ascendere ad una vetustissima antichità la cultura d'alcune nazioni asiatiche, accrescerebbero maggior peso alla credenza delle scienze antediluviane, i cui avanzi tuttochè alterati, e corrotti poterono bastare a dare nome di dotti agl'indiani, a' cinesi, a' caldei, agli egiziani, a' persiani. Ma che giova il fantasticar vanamente con semplici congetture, e fabbricarci con istudiati ragionamenti un popolo erudito e scienziato, delle cui scientifiche cognizioni niente mai sapremo accertatamente, nè potremo fondatamente proferirne qualche giudizio? Nè anche delle scienze delle antiche genti, che le prime furono a coltivarsi, non abbiamo monumenti abbastanza per poterne tessere un'assai distinta descrizione. Noi abbiamo altrove (*a*) parlato delle scienze di que' popoli antichi con quella parsimonia, e ritenutezza, a cui ci obbliga l'incertezza, e la mancanza di monumenti; nè or ci permette l'abbondanza delle materie, che rimangono da trattare, di ritornare su quelle, che poco, o niente di nuovo potrebbono presentarci di vere notizie, e solo si presterebbero a sforzate cavillazioni. Diremo soltanto, che certamente gli asiatici, gli egiziani, i fenicj, que' popoli da' greci chiamati barbari, possederono molto prima di questi alcune scienze, e che non

(a) Tom. I, c. I.

solo i loro libri e le loro tradizioni, ma i greci stessi ci dicono, che mentre la Grecia giaceva ancora in una profonda ignoranza coltivavano già que' popoli l'astronomía, la fisica, e la filosofia, e che i greci ebbero a riconoscerli per molto superiori al loro sapere, e dovettero assoggettarsi a' loro ammaestramenti. Ma nondimeno le scienze, per così dire, barbariche non ci sembrano ancora abbastanza degne dell'illustre nome di scienze, e ne' greci soltanto le possiam vedere levate a sì sublime dignità.

De' greci.

Maravigliosa gente è la greca, e singolare, ed unica in ogni vanto di cultura, e di sapere. I greci principi della poesía, dell'eloquenza, e della storia; i greci, che ebbero un Omero, un Pindaro, un Sofocle, un Platone, un Demostene, un Erodoto; i greci venerati maestri in tutte le classi delle belle lettere, i greci ottennero parimente il primato nelle matematiche, nella medicina, e in tutte le scienze, e poterono ugualmente vantare gl'Ippocrati, gli Archimedi, gli Apollonj, i Diofanti, gl'Ipparchi, gli Aristoteli, i Teofrasti, e i capi, e i maestri di tutti i generi delle scienze. E in verità sarebbe assai difficile a decidere, se più debba la Grecia la sua gloria alle belle lettere, ovvero alle scienze; come pure, se più debbano alla Grecia le scienze, ovvero le belle lettere. Al vedere divinizzati per tanti secoli Omero, Platone, Demostene, Erodoto, ed altri eloquenti scrittori greci, ed onorati colle adorazioni di quanti professano qualche amore all'amena letteratura, sembra, che lo splendore del nome greco tutto dalle belle lettere debba ripetersi. Ma quando si riflette, che Ippocrate, e gli altri medici, e chirurghi greci sono tuttora venerati dopo tanti secoli, e vengono anche a questi dì lodati, studiati, tradotti, illustrati dal Cocchi, dal Boerhaave, dal Gorther, dal Piquer, dal

Lorry, e da altri dotti, e stimati moderni medici; al pensare, che Euclide, Archimede, Apollonio, e altri geometri greci sono guardati con rispetto, letti con attenzione, e commendati con particolari elogj dal Simson, dal Maclaurin, e dallo stesso Newton; che i dotti socj dell'accademia delle scienze *(a)*, che il Bekman *(b)*, il Buffon, ed altri moderni parlano con trasporti d'ammirazione della storia degli animali d'Aristotele; che Teofrasto, e Dioscoride sono citati con rispetto, e con deferenza da' botanici de' nostri dì, bisogna pur confessare, che le glorie scientifiche della Grecia non sono punto inferiori alle letterarie: Archimede sotto gli occhi, e sotto la penna del Newton, Ippocrate sul tavolino del Boerhaave, Aristotele nelle mani del Buffon sono un sì glorioso trofeo delle scienze della Grecia, che può equivalere a' più religiosi incensi offerti alla sua amena letteratura. Bello, e grandioso è veramente ad un occhio filosofico lo spettacolo de' greci, poeti, oratori, e storici, che si levan d'un volo alla più alta perfezione coll'ali della loro immaginazione, e del proprio lor gusto: ma il vedere gli stessi greci lottare animosamente colla natura, e senz'alcun ajuto straniero, colla sola forza del proprio ingegno rapirle tante verità gelosamente nascoste, entrare nello spinoso campo delle scienze, ed avanzarsi con tanta felicità, facendo ad ogni passo utili e gloriose scoperte, non dèe egli recare uguale piacere, e forse anche maggior maraviglia a chi sa giustamente prezzare gli sforzi dell'immaginazione, e dell'ingegno? Nè l'essere le opere greche esemplari più perfetti nelle belle lettere che nelle scienze, o l'essere giunti i greci ne' componimenti di bella letteratura tanto avanti, quanto i moderni,

---

(a) *Descr. des anim.* Préfat.

(b) *De ortu et progr. Zoologiae apud vet.* c. I, §. 10.

mentre negli scientifici sono stati di quasi infinito intervallo sorpassati da questi, può prendersi per argomento di dovere più alla Grecia le belle lettere che le scienze. Le opere di bella letteratura, siccome nate unicamente dall'immaginazione e dal gusto, e che non tanto provengono dagli antecedenti esemplari, quanto dalla propria sensibilità di chi le compone, possono di primo slancio salire alla conveniente lor perfezione; ma le scienze hanno un corso più grave, e posato, abbisognano di replicati sforzi d'ingegno, e di continuate sperienze, ed osservazioni: nuove meditazioni scoprono difetti nell'avanzate teorie, e danno giustezza, e miglioramento alle anteriori scoperte: le ripetute sperienze, e le nuove osservazioni disvelano nuove verità, e scancellano errori stimati con apparenti ragioni per indubitabili principj; e le scienze, opera dell'ingegno, della fatica, e del tempo, non possono nella loro fanciullezza sperare qualche perfezione, e giusta maturità. Ma se rifletteremo al bisogno, che v'è stato nel rinascimento delle scienze de' lumi, e delle opere de' greci, dovremo pur confessare, che non meno debbono alla Grecia le scienze che le belle lettere. Senza le opere di Euripide, e di Senofonte avrebbero dato Cornelio le sue tragedie, Fenelon il Telemaco, e Richardson la Clarisse; ma senza Ipparco, e senza Tolommeo non avrebbero fatte Ticone e Galileo le loro scoperte astronomiche; nè senza gli astronomi, e geometri greci avrebbe potuto levare il Newton la gran macchina de' suoi *Principj*. Ma senza troppo occuparci di simili confronti potremo certamente asserire, che benemeriti in singolar modo furono i greci di tutte le scienze naturali, e dovremo guardare con meraviglia nobilitate tutte le classi scientifiche con molti nomi d'illustri greci. Quanti scritti, non solo di medicina, ma ezian-

dío di chirurgía, e di farmaceutica! Quanti illustri scrittori intorno alla musica! Se la geometría si fregia de' gloriosi nomi d'Euclide e d'Archimede, l'algebra riconosce per suo padre Diofante. Se Ipparco e Tolommeo hanno recato molto avanzamento all'astronomía, la meccanica dèe a Ctesibio e ad Erone il suo scientifico stabilimento. Perfino de' sogni stessi formarono i greci una scienza, e lasciarono scritti parecchj libri d'onirocritica. Non v'ha scienza nè sì grande e sublime, nè sì picciola e bassa, che i greci non l'abbiano maneggiata, e non l'abbiano ridotta a maggiore chiarezza e nobiltà; nè v'è parte alcuna di qualche scienza, nella cui storia non si vedano campeggiare uno, o più greci.

De' romani. Non così potremo dire de' romani, tuttochè emoli e rivali degli studj de' greci. Quanto s'accostarono a questi nella cultura delle belle lettere, e in alcuni generi anche li sorpassarono, altrettanto restarono lontani dal seguirli nella perfezione delle scienze. Non un matematico, nè un astronomo celebre da dare nome alle scienze romane. Niuna setta medica, o filosofica, niun capo di scuola, niun libro classico e magistrale di fisica, o d'altre scienze. Se taluno prendeva a scrivere di tali materie, ciò faceva espilando gli scrinj greci, ammassando greche dottrine, e più lavorando sulla greca erudizione, che su l'originale, e proprio sapere. Anzi molti di tali scrittori amavano d'adoperare il greco idioma, quasichè non trovassero nel romano parole acconcie, e convenienti alle materie trattate. E in greco scrissero L. Arunzio degli astri, e Sestio Nigro, e Giulio Basso di medicina (a); e in greco espose Sesto pittagorico le sue sentenze, come l'abbiamo ancora presentemente; e in greco trattarono materie

(a) Plin. *Elenc. lib. omnium* etc.

scientifiche parecchj altri romani. Che se un Rabirio, se un Amafanio, se qualch'altro filosofo volle trattare le materie filosofiche nel latino linguaggio, tutti caddero in uno stile sì rozzo ed incolto, che non potevansi leggere, se non da chi non avesse palato romano, nè tolsero a Tullio il poter dire con verità, che la filosofia era giaciuta sino a quel tempo presso i romani, nè aveva ancora ottenuto il lume delle lettere latine *(a)*. Pur anche fra' romani non mancarono studiosi delle scienze, che le coltivassero con diligenza, e cercassero di renderle comuni a' lor nazionali. Plinio *(b)*, e altri antichi citano tanti romani scrittori d'astronomía, di medicina, e d'altre scienze naturali, che non picciolo catalogo si potrebbe tessere de' soli lor nomi. Ma non tanto dal numero degli scrittori si dèe prender l'idea dello studio, e del sapere de' romani, quanto dall'uso, che essi fecero delle scienze. Se Cesare non iscrisse opere meccaniche com'Erone, fece però un ponte sul Reno, dove spiegò le più profonde cognizioni di meccanica e di geometría; e ancor quando egli non avesse scritte le opere astronomiche, che pubblicò con singolare onore del sapere romano, non basterebbono le sole sue erudite combinazioni per la correzione dell'anno civile, per darci una vantaggiosa idea del suo genio astronomico, e per metterlo al fianco de' buoni astronomi della Grecia? Quanto studio facessero i romani delle scienze, ce lo può provare abbastanza l'esempio di Vitruvio. Collo scusar che egli fa la sua imperizia predicando una massima, utile ugualmente che vera, che basta cioè ad un architetto il conoscere mediocremente delle altre scienze ciò che è necessario alla sua professione, viene a darci una nobile idea della

(a) Tull. *Tusc. quaest.* lib. I, n. 11I. (b) Lib. I et al.

cultura ed erudizione degli artisti romani. Imperciocchè se un architetto contento delle cognizioni unicamente necessarie per la sua arte non potè appagarsi della lettura delle opere greche e latine risguardanti l'architettura, ma s'immerse eziandío nello studio della fisica, e passando alle matematiche non seppe starsi ne' primi elementi, ma penetrò nelle più profonde speculazioni geometriche e meccaniche, musiche ed astronomiche d'Archita, d'Aristosseno, d'Eratostene, d'Archimede, d'Aristarco, d'Eudosso, di Ctesibio, d'Apollonio, de' più sottili e sublimi matematici della Grecia, che alta idea non dovremo formare noi degli architetti, e degli altri artisti romani! Quanto non sarà stata universale presso i romani la cultura delle scienze, quando gli architetti dovevano penetrare sì addentro nella fisica, e nelle matematiche! Quanto profonde notizie non si saranno acquistate gli altri, che facevano professione di lettere! Noi infatti vediamo l'oratore Tullio trattar dottissimamente filosofiche e teologiche questioni, e maneggiare eziandío la fisica con piena erudizione di quanto allora se ne sapeva *(a)*; vediamo il poeta Lucrezio parlare in modo sì adattato ed acconcio di varj punti di fisica, che è ancora rispettato, e seguíto da' fisici de' nostri dì; vediamo Manilio entrare arditamente a svolgere l'astronomía; vediamo Virgilio scriver con tanta giustezza in ogni materia da essere ammirato da Macrobio com'erudito nel diritto civile, e nell'augurale, nell'astronomía, e generalmente in ogni filosofia *(b)*. Seneca, che pur non faceva professione di fisica, tratta le questioni naturali con una sottigliezza, ed erudizione, che più non si sarebbe potuto desiderare dal più dotto fisico greco di quell'età; anzi alcune

(a) *De nat. Deor.* lib. II et alibi. (b) Sat. I, cap. XXIV et al.

sue osservazioni, ed alcune riflessioni mostrano in lui un occhio fino, e una mente soda e diritta, superiore a' pregiudizj del suo tempo, e capace d'abbracciare le più sublimi teoríe del nostro. Plinio, benchè talora si lasci trasportare dal suo entusiasmo in alcuni fisici ragionamenti, mostra nondimeno generalmente in tutte le sue osservazioni una cognizione della natura, che farebbe onore a qualunque dotto professore di storia naturale, e che reca maraviglia in un uomo sempre occupato in gravissimi ministerj. D'uopo era a Frontino, ed agli altri sovrastanti agli acquidotti di molte, e non volgari notizie meccaniche, ed idrostatiche. L'armi romane descritteci da Vitruvio, da Vegezio, e da altri provano ne' direttori di esse ballistiche, e geometriche cognizioni. Risplendono singolarmente i lumi delle scienze naturali de' romani ne' loro scritti d'agricoltura. Quante notizie meteorologiche, quanta storia naturale, quanta botanica, quanta fisica, quanta filosofia! La geometría stessa, e l'astronomía si fanno servire alla più esatta perizia della loro agricoltura (*a*); e dove meno aspettavansi compariscono le vaste ed estese cognizioni scientifiche de' romani. Ma nella morale principalmente, benchè senza le scuole, e senza le sette de' greci regnavano i romani; e forse appunto per questo stesso regnavano, perchè non legati ad un sistema particolare, nè giurando nelle parole d'alcun maestro, potevano meglio esaminarli tutti, e con più posato ed imparziale giudizio scegliere da ciascuno le più probabili verità. Bruto, al dire di Plutarco (*b*), trascorse tutte le scuole de' greci, nè vi fu greco filosofo, che non ascoltassè, nè setta filosofica, che non conoscesse. E Bruto infatti scrisse della virtù, e trattò

(a) Colum. lib. v et alibi. (b) In *Bruto*.

materie filosofiche con tale pienezza ed aggiustatezza, con tale copia ed eleganza, che non lasciò in que' punti che desiderare da' greci, secondo il testimonio di Cicerone (*a*). E qual greco potrà giustamente preferirsi a Cicerone? Quante materie filosofiche non trattò egli profondamente con sodezza di giudizio, con erudizione, e con eloquenza, quale non vedesi ne' greci più celebrati! Qual greco epicureo, o quale stoico poteva esporre i sentimenti della sua setta con quella chiarezza, precisione, e forza, con cui fa parlare Cicerone i suoi stoici, e i suoi epicurei? Platone stesso, ed Aristotele non forniscono la loro dottrina di tanta copia di ragioni, e di tanta amenità d'erudizione, come vediamo che fa Cicerone. La sublimità de' sentimenti, e la gravità della dottrina sollevano il latino Seneca sopra i greci stoici suoi maestri. Egli spesso deride le vane questioni, dietro le quali perdevansi i filosofi del suo tempo, e mostra quali debbano essere le mire delle filosofiche speculazioni, quale lo scopo del vero filosofo. Insomma i romani senza lo strepito delle sette greche, senza l'albagía de' greci dottori, senza la celebrità delle scuole, e delle accademie chiamavano al lor servigio le scienze greche; e se non avevano Platoni, Aristoteli, Teofrasti, Archimedi, ed Ippocrati, ne sapevano forse più che gli stessi greci de' loro tempi, che facevano professione d'insegnarle. Nè ciò dèe far maraviglia a chi è mediocremente versato nella storia letteraria. Senza uscire dall'Italia, nè dal presente secolo noi abbiamo l'esempio di molti magistrati, e d'altri personaggi, che lontani dalle scuole, e dalle accademie, erano nondimeno sì profondamente instrutti nelle scienze da poterne dar lezione agli stessi maestri, che le insegnavano.

(a) *Ac.* lib. I, n. 11.

Non cedevano forse nelle matematiche a' professori Grandi, e Manfredi, ed erano certo superiori a tutti gli altri del loro tempo i conti Fagnani e Riccati, lontani dalle cattedre, e da' banchi accademici. Una vasta e profonda erudizione ecclesiastica e profana acquistata in mezzo agl'impieghi civili ed alle politiche occupazioni rendeva il marchese Maffei un teologo ben superiore a' pettoruti dottori delle scuole, e gli ispirava opere teologiche, il cui merito non erano capaci di conoscere la maggior parte de' coetanei professori di teología. Ed in qual genere d'erudizione e di scienze non potrà stare a petto cogli accademici e co' lettori il conte Carli, benchè sia stato presidente d'un magistrato, e distratto da gravissimi affari? Quanti Carli, quanti Maffei, quanti Fagnani e Riccati non contava Roma ne' suoi senatori, occupati bensì nelle civili bisogne, e distolti dalla scientifica professione, ma uguali non pertanto, e fors'ancor superiori nel sodo sapere agli sfaccendati greci del loro tempo, che passavano la clamorosa lor vita nelle scuole e nelle accademie! Ma bisogna pur confessare, che i romani cercavano bensì le cognizioni delle scienze naturali per la propria erudizione, e pel propio vantaggio, ma non pensavano però come i greci ad accrescere le stesse scienze colle loro scoperte, ed a giovare all'istruzione de' posteri co' lor libri. Sebbene anche in questo potremo dire con verità, che Lucrezio, Celso, Seneca, e Plinio hanno dati a' posteri molti lumi per l'avanzamento d'alcune scienze; e dovremo conchiudere, che se i romani non si debbono rispettare come maestri nelle scienze naturali, non sono però da disprezzarsi, come si fa da molti, come zotici ed ignoranti.

De' tempi barbari.

Tali bensì divennero troppo presto col corrompimento, che seguì del buongusto, e coll'abbandono de' buoni studj.

L'amore della propria erudizione ispirava a' romani la lettura de' greci, e lo studio delle utili lor dottrine; e mancando quella cultura, si perdè l'amore delle scienze, nè più si attese ai greci filosofi e matematici, nè più si pensò allo studio della natura. Quale sciagura dover andar pescando nella lunga serie di dieci e più secoli un Macrobio, un Boezio, un sant'Isidoro, un Beda, un Gerberto, e qualch'altro rarissimo, per poter vedere, che almen qualch'ombra delle prime notizie elementari d'alcune scienze, e l'intelligenza almeno delle parole tecniche erasi conservata presso i latini! Ma una scoperta, una oculata e giusta osservazione, una chiara ed esatta spiegazione di qualche fenomeno, una leggiera mostra d'avere assaggiato almeno le scienze sublimi, e di conoscerne i libri, non è da cercarsi nell'infinite migliaja di dottori, e di scrittori, che in tutto quel tempo fiorirono. La vera cultura delle scienze ritrovasi soltanto negli arabi, i quali, come assai lungamente abbiamo provato altrove (*a*), a tutte attentamente rivolsero i loro studj, e non solo conservarono le cognizioni de' greci non curate da' latini, ed obbliate da' greci stessi, ma ne aggiunsero molte lor proprie, ed accrebbero colle loro scoperte il fondo delle scienze: gli arabi sono gli unici, ch'entrino a parte co' greci nella gloria di felici inventori e padri delle scienze naturali. Ma il maggiore lor merito fu il far rinascere negli europei qualche amore di tali scienze, che poi venne migliorato e perfezionato collo studio de' greci. La lettura de' greci ripolì negli europei il gusto delle scienze, non meno che quello delle belle lettere. Cominciarono a prendere nuovo aspetto le matematiche dappoichè tradusse il Regiomontano immediatamente

Degli arabi.

De' moderni.

(a) Tom. I, c. VIII ec.

dal greco alcune opere de' matematici greci, che o non erano ancor tradotte, od erano soltanto state tradotte dalle arabiche traduzioni. Nuovo spirito, e nuovo lustro prese la medicina collo studio de' greci medici. Le guerre letterarie sopra la filosofia di Platone, e quella d'Aristotele incominciarono a far conoscere la vanità de' ghiribizzi scolastici, e a far prendere qualch'idea della buona filosofia. E generalmente all'ardore de' greci studj debbono tutte le scienze il vero loro rinascimento. Ma le scienze greche passate in mano de' moderni hanno in pochi secoli ricevuti sì notabili accrescimenti, che sembrano aver acquistato un nuovo essere. Le più sublimi teoríe de' greci geometri non sono che i primi gradi per alzarsi alle elevatissime contemplazioni de' nostri. Da' piccioli indovinelli aritmetici, a cui era ridotta l'algebra, or la vediamo eretta in padrona della natura, tenerla alle sue formole ed a' suoi segni soggetta. L'astronomía, che non sapeva che balbettare nella bocca de' greci, ora spiega eloquentemente i movimenti delle stelle, l'ordin de' cieli, il sistema dell'universo. L'applicazione della geometría, dell'osservazione, e dell'esperienza alla fisica ha fatta una vera scienza di quella, che prima soltanto fermavasi in vane congetture, e in ridicole sofisticheríe. La chimica, che o non conosciuta, o mal adoperata aveva servíto soltanto ad inutili, ovver anche dannose ricerche, or in breve tempo si è posta in grado di dar legge nella fisica, nella storia naturale, e nella medicina. Tutte le scienze insomma sono or trattate con più fina, ed attuosa intelligenza, tutte hanno acquistati in pochi anni maggiori lumi dagli europei, che non avevano potuto ritrarne in tanti secoli da tutte insieme le più studiose e colte nazioni. L'umano ingegno, che era stato per tanto tempo sopito, ed inoperoso, sembra che abbia ora volu-

to rifare le perdite della passata sua oziosità, e siasi accelèrato a compensare in brevi anni i lunghi secoli consumati in una vergognosa, e deplorabile inerzia. Nè facilmente potrà decidersi se debba recare più maraviglia il vedere lo spirito umano giacere per tanti secoli in uno scioperato sopore, ovvero l'osservarlo di poi destato appena dal lungo sonno avanzarsi velocemente in brevi anni con sì sorprendente attività. Certo fanno onore all'umanità un Galileo, un Cassini, un Cartesio, un Leibnitz, un Newton, un Boerahave, un Morgagni, un Aller, un Linneo, e tant'altri uomini grandi, e per così dire sovrumani, che può contare, dati alle scienze nel breve corso di due secoli: e l'immenso apparecchio di tante macchine, e di tanti stromenti chirurgici, anatomici, chimici, fisici, ed astronomici fabbricati in questi due secoli; e la continua e non interrotta successione di tante, e sì strepitose scoperte fatte in questo tempo in tutte le scienze, provano un vigore ed una feracità dello spirito umano, che lo levano in qualche modo a partecipare del divino. No, non sarà ella, no, esausta colla produzione di tanti ingegni la ricca fecondità della natura; non saranno, no, spossate co' replicati, e veementi sforzi di sì difficili e sublimi invenzioni le forze dello spirito umano; possiamo sperare, che seguiteranno a nascere de' la Grange, de' la Place, de' Buffon, de' Bonet, de' Tissot, e d'altri simili ingegni, come gli abbiamo presentemente; e che s'arricchiranno più sempre tutte le scienze d'utili e grandiose scoperte; nè è da temere, che dobbiamo presto piangere di vedere l'umano ingegno perdersi dietro a vane e sofistiche inezie, o giacere in una ignobile oziosità. Noi intanto consolandoci con sì lieti augurj, prenderemo il piacere di contemplare più distintamente i progressi finora fatti in ciascuna scienza, e abbozzeremo una storia, benchè troppo leggiera ed imperfetta, di tutte.

LIBRO I.

DELLE MATEMATICHE.

CAPITOLO I.

DELLE MATEMATICHE IN GENERALE.

Preminenza delle matematiche.

Quanto è diverso lo spettacolo, che ci presenta la storia delle matematiche da quello, che offre la storia delle altre scienze! Vedonsi in queste nascere ipotesi e sistemi, cambiarsi opinioni, succedere errori ad errori, e cogliersi soltanto di tratto in tratto qualche indubitabile verità: solo nelle matematiche cammina la mente umana franca e sicura, avanza più o meno velocemente, ma pur avanza d'una in altra invenzione, e sente quasi di continuo l'inesplicabile compiacenza di fare nuove scoperte. In nessuna scienza si sono presi meno abbagli che in queste, in nessuna si sono scoperte tante e sì sublimi verità; nè vedesi altrove lo spirito umano coronato di tant'onore, quanto nel correre i vasti campi delle matematiche. E forse questa preminenza, questa purezza, ed incontaminazione d'errore, questa capacità di più energica e chiara dimostrazione, questa maggiore certezza ed evidenza hanno dato a quelle scienze, a distinzione delle altre, il nome di matematiche; quando dire piuttosto non vogliasi, che conviene ad esse tal nome, per essere state le prime discipline, che insegnavansi nelle scuole, chiamate per ciò *Pro-*

pedia da Platone (*a*), e da Senocrate *Anse della filosofia* (*b*), ovvero per essere state le prime a ridursi in certi, e determinati principj, ed a levarsi all'onore di vere scienze. Noi daremo ora uno sguardo in generale sul corso delle matematiche, per seguirle poi distintamente in ciascuno de' loro rami.

Matematica degli antediluviani.

Se le due colonne descritteci da Giuseppe ebreo (*c*), ove consegnàvano i figliuoli di Set le astronomiche lor cognizioni, avessero qualche valido fondamento; se fosse legittimo il libro d'Enoc, o potesse almeno appoggiarsi su qualche antico monumento la tradizione citata da Eusebio (*d*) d'essere stato Enoc l'inventore dell'astronomía; da quegli antichi antediluviani dovrebbe prendersi l'origine delle matematiche: la scienza astronomica, che sembra essere stata la prima a coltivarsi dalle nazioni, oltre che essa pure è una parte delle matematiche, esige le cognizioni di tutte l'altre, onde potersi di colà giustamente ripetere l'origine di quelle scienze, dove le prime vestigia discopronsi dell'astronomía. Ma quelle ebraiche tradizioni non sono che favole, troppo disprezzate da tutti i critici, perchè noi vogliamo fermarci a tenervi ragionamento. Nè più conto potremo fare del saper matematico dell'antichissimo popolo degli atlantidi, dal Bailly ingegnosamente immaginato, e con tanto apparato d'eloquenza e d'erudizione sostenuto: sono tante e sì gagliarde le scosse, che ha sofferte quel popolo da valenti scrittori, e singolarmente dall'eruditissimo Carli (*e*), che or sarebbe temerità il voler ad esso ricorrere per ricavarne l'origine delle matematiche. Lo stesso suo creatore Bailly sembra averlo già abbandonato, e posto in dimenticanza; mentre nel recente suo trattato dell' astronomía indiana cerca bensì di dare a questa un'antichità

Degli atlantidi.

(a) *De Rep.* VII. (b) Laerz. in *Xenocr.* VI.
(c) *Ant.* lib. I, c. IV. (d) *Praep. ev.* l. IX. (e) *Lettr. amer.* t. III.

superiore a quanto immaginar possa la più erudita cronología, ma non pensa più a' suoi atlantidi, nè cura di derivare dalle loro scuole nell'indiana le astronomiche cognizioni. Nè dovremo per questo affidarci di più alla pretesa antichità e perfezione dell'astronomía indiana, a cui ora sembra avere rivolti quel dotto astronomo i suoi eruditi vezzeggiamenti. Egli è un leggiadro mago il Bailly, che coll'incantatrice sua facondia ci rapisce, e trasporta dove meglio a lui piace; ed or ci fa correre alle agghiacciate regioni del settentrione per rintracciarvi l'origine delle scienze, or ci trattiene nelle amene sponde del Gange per mostrarci le più vetuste tracce delle medesime; e da per tutto ci fa credere di scoprire ciò, che egli si prende il diletto di presentare alla nostra immaginazione. D'uopo è star bene in guardia contra tutte le sue proposizioni, d'uopo è lasciar calmare la fantasía agitata dalla magica sua voce, d'uopo è levar l'illusione prodotta dalla seduttrice sua eloquenza; allora forse vedrassi ridotta a niente, o a mero caso quell'esattezza di risultati, che certo non può essere opera d'una sì rozza astronomía, diretta soltanto ad astrologiche predizioni (*a*); allora forse si scopriranno cronologici abbaglj, facilissimi a prendersi in una storia sì remota di tempo e di luogo, e sì mancante di monumenti; allora forse caderà a terra la gran macchina dell'astronomía indiana, innalzata da quel sagace architetto sopra un'ingegnosa combinazione. Noi al trattare distintamente dell'astronomía esamineremo il merito di questa; or diremo soltanto, che per quanto vogliasi dare grand'antichità alle scienze degli indiani, pochi certi potranno dirsi i loro progressi, e pochissima l'influenza su quelle degli europei. Più lontani an-

Degli indiani.

De' cinesi.

(a) V. Cassini *Ac. des sc. de 1666 jusques à 1699* t. II, e VIII.

cora si tennero i cinesi, divisi da noi non men che di luogo d'ogni letteraria ed anche civile comunicazione; e tuttochè vantino dal tempo di Yao, cioè da più assai di quaranta secoli, un tribunale di matematici; tutto che ad una uguale, o almeno poco minore antichità riportino osservazioni astronomiche, e geometrici teoremi, niente con tutto ciò hanno contribuito all'avanzamento delle matematiche, nè possono avere alcun diritto alla nostra riconoscenza. A più vicine contrade, a' caldei, agli egiziani, a' fenicj dobbiam ricorrere per iscoprire i principj delle nostre matematiche. Aristotele li ripete generalmente dagli egiziani, e dice (*a*), che nell'Egitto si formarono quelle scienze, perchè quivi i sacerdoti erano esenti d'altre faccende ed occupazioni, e potevano perciò vacare alle meditazioni, e allo studio. Strabone (*b*) deriva bensì ne' greci la geometría dagli egiziani, ma l'aritmetica, e l'astronomía da' fenicj; e dice, che questi erano in tali scienze eccellenti, perchè la continua mercatura, e navigazione gli obbligavano a coltivarle, come le inondazioni del Nilo fecero pensare agli egiziani all'invenzione della geometría. Porfirio divide fra tre nazioni diverse questo onore letterario, e lasciando agli egiziani l'instituzione della geometría, e quella dell'aritmetica a' fenicj, accorda a' caldei la gloria della cultura dell'astronomía (*c*). I caldei infatti hanno comunicati a' posteri più lumi astronomici che aritmetici i fenicj, e geometrici gli egiziani; e l'astronomía caldea non solo ebbe influenza nell'egiziana, e nella greca, ma v'è gran probabilità, come crede il Gentil (*d*), che l'abbia anche avuta nell'indiana, e che le cognizioni astronomiche de' bramani sieno loro venute da' caldei. Da questi, o da'

De' caldei.

(a) Metaph. I. (b) Lib. xvI. (c) In *Vita Pythag.*

(d) *Voy. aux Indes* prém. part., ch. III.

fenicj, ovvero dagli egiziani passarono alcuni lampi d'astronomico lume negli antichi greci de' tempi ancor di rozzezza; e Lino scrisse allor della sfera (*a*), ed Omero, ed Esiodo poco di poi mostrarono ne' loro poemi non essere sconosciute alla Grecia le osservazioni celesti.

Vero principio delle matematiche

Ma il vero principio delle matematiche non può ripetersi che da' greci posteriori, quando si videro da questi stabiliti teoremi, fissati metodi per risolver problemi, e ridotte ad universali principj, ed a stabili leggi alcune particolari e vacillanti verità. E ciò avvenne appunto nel tempo, in cui la Grecia vantava i suoi saggi, e in cui incominciava a vedersi innalzare le filosofiche sue scuole. Beda vuol chiamare Talete creatore della fisica, e per fisica intende l'aritmetica, la geometría, la musica, e l'astronomía (*b*). Ma Beda scrittore troppo moderno, e venuto in tempi di poca critica, non può avere in questa parte alcun peso d'autorità; nè altronde possiamo noi rilevare, che Talete desse il menomo pensiero all'aritmetica, nè alla musica. Egli però non era privo d'ogni diritto per ottenere gli onori di matematico, e d'alcune sue ricerche geometriche ed astronomiche ci dà notizia Laerzio (*c*). Questi cita anche un Euforbo anteriore a Talete, che s'intese già in geometría, e vi fece varie scoperte: e forse vorrà taluno dare anche un'assai maggiore antichità alle matematiche greche, leggendo in Plutarco (*d*), che Licurgo rigettò la proporzione aritmetica, e ritenne la geometrica. Ma Plutarco non parla in quel passo della teoría di Licurgo nello studio su le proporzioni, ma della sua pratica nel governo della repubblica. Se vero è, come vuole Suida, autore in verità troppo recente (*e*), che Anassimandro successo-

Talete.

(a) Laerz. in *Proem.* (b) *Opp.* tom. I *De arithm. num. Lib.*
(c) In *Thalete.* (d) Sympos. VIII, quaest. II. (e) In *Anaxim.*

re di Talete componesse un compendio di geometría, quante saranno state già a quel tempo le ricerche, e le scoperte geometriche, mentre avevano d'uopo d'essere ridotte a compendio, e meritavano un abbreviatore del sapere d'Anassimandro? Ma nondimeno la vera aurora dello splendore delle matematiche non ispuntò che dalle scuole de' pittagorici; e potremo noi dire fondatamente, che il vero principio di questo studio si dèe prendere dalle meditazioni di que' filosofi. I *pittagorici*, dice espressamente Aristotele, autore certo il più grave, che addur si possa in questa materia (*a*), *i pittagorici furono i primi, che si dedicassero allo studio delle matematiche.* Essi per certo metodo generale, e per legge della scuola, non per privata curiosità, come Talete ed Anassimandro, e qualch'altro filosofo della lor setta, s'applicarono alle matematiche speculazioni, e non ad una sola parte, ma a tutta quanta la matematica enciclopedía distesero il loro studio; e i pittagorici in realtà furono i primi, che ottenessero, e che veramente si meritassero il nome di matematici. Così infatti vedesi in A. Gellio (*b*), che fra le varie classi di studenti, che componevano la scuola pittagorica, la seconda era quella de' matematici. Anche posteriormente narra di sè san Giustino martire (*c*), che non potè mai ottenere d'essere ricevuto alla filosofia de' pittagorici, nè che gli ostò altro che l'indispensabil obbligo di dover prima passare immancabilmente la trafila delle matematiche. E in verità tutta la dottrina aritmetica, e quanto sapevasi anticamente de' numeri, tutto era dovuto a Pittagora, tutto usciva dalla sua scuola; dalla medesima pure vennero le questioni alquanto più ardue, e le migliori scoperte di geometría, e d'astronomía, a cui non

I pittagorici.

(a) Metaph. I. (b) Lib. I, c. IX. (c) *Dialog. cum Tryph.*

giungevano i filosofi dell'altre scuole; ed a Pittagora, ad Ippaso, e ad altri di quella setta dèe particolarmente la musica l'essere sottomessa a' calcoli matematici, e d'un'arte di mero solazzo e divertimento vedersi ridotta in esatta scienza. Onde pare, che assai giustamente potremo noi dire con Aristotele, che il principio dello studio matematico abbia a prendersi dalla scuola di Pittagora. E questa forse sarà stata l'unica ragione d'una restrizione del nome di matematiche, invalsa ne' tempi posteriori presso i greci, e presso i latini, che può sembrare strana, e fatta solamente a capriccio. Come l'aritmetica e la musica, la geometría e l'astronomía erano le scienze favorite da' pittagorici, come queste insegnavansi nella lor setta a' discepoli, che occupavano la classe de' matematici, così desse sole ottennero posteriormente nelle scuole il nome di matematiche; e tutto che Anassagora, Democrito, Euclide, ed altri avessero scritto d'ottica; tutto che Archita, Archimede, Erone, e molti più avessero illustrata la meccanica; tutto che Aristotele avesse replicate volte riportate l'ottica e la meccanica nella classe di scienze esatte, ugualmente che la musica e l'astronomía *(a)*, pur queste sole coll'aritmerica e colla geometría goderono a preferenza di tutte l'altre l'onorevole distinzione d'entrare nel quadrivio latino, e nella greca enciclopedía, e di formare lo studio matematico di molti secoli. Ma lasciando queste, ed altre simili disquisizioni a chi più opportunamente possa impiegarvi i suoi ozj eruditi, noi rimettendoci sul corso, che seguirono le matematiche, le vedremo levare rapidi voli sull'ali de' greci, e dalle picciole scoperte di Talete e di Pittagora innalzarsi all'analisi di Platone, ad arditi problemi geometrici,

(a) Post. anal. I et al.

ci a vaste e sublimi teoríe astronomiche, e le troveremo corteggiate da Archita, Timeo, Filolao, Platone, Eudosso, e tant'altri illustri geometri ed astronomi, capaci di rendere rispettabile e chiara qualunque più bassa scienza. Tanti furono, e sì grandi questi cultori delle matematiche, tante e sì nobili le loro disquisizioni, e le felici scoperte, che chiamarono tosto la curiosità degli eruditi, e fino da' tempi d'Alessandro diedero già copiosa materia a due storie delle matematiche in varj libri distese da Eudemo, e da Teofrasto.

Avanzamento delle matematiche greche.

Ma tutto ciò che era più che i primi principj delle matematiche greche, e piccioli albóri del pieno lume, che ne' seguenti tempi si sparse per quella dotta nazione? La scuola d'Alessandria eretta, e sovranamente protetta da' Tolommei fu la feconda madre degli eroi di quelle scienze. Gli Aristei, gli Euclidi, gli Eratosteni, gli Apollonj, gli Ipparchi le inalzarono a quell'onore, che le fece guardare da' posteri con rispetto, e con maraviglia, e il grand'Archimede fu il dio delle matematiche greche, avanti il quale chinano rispettosi il capo i Leibnitzi, e i Newtoni, i venerati oracoli delle moderne. Questo nobile ardore, ed intenso studio de' greci si mostrò realmente nel suo maggiore splendore sotto l'impero de' Tolommei, ma seguitò nondimeno a farsi ancora sentire ne' secoli posteriori; e Tolommeo, Diofanto, e Pappo possono provarci abbastanza, che la scuola alessandrina non voleva sì presto abbandonare la gloriosa sua prerogativa di madre amorevole, e feconda creatrice di tutte le classi delle matematiche; e poi Teone, Ippazia, Proclo, ed Eutocio mostrarono, che conservavasi ancora piena intelligenza delle sublimi teoríe de' greci maestri, e cognizione profonda di quelle scienze; e più recentemente eziandío Marino napolitano, Isidoro milesio, Diocle, Erone, Filone, Sporo, e

qualch'altro, che possono risguardarsi come gli ultimi avanz di quella scuola, seppero ritrovar nuove verità, o illustrare di nuove dimostrazioni le già ritrovate, e fecero ancora spiccare qualche scintilla del fuoco creatore de' lor maestri. Ma col cadere verso la metà del secolo settimo la scuola alessandrina si estinse anche ne' greci il genio matematico, nè più sorsero dotti inventori, che recassero a quelle scienze qualche avanzamento.

Matematica degli arabi.

Gli arabi distruttori della scuola d'Alessandria, gli arabi conquistatori in gran parte dell'impero de' greci, gli arabi studiosi ed emoli del loro sapere, gli arabi procurarono di rimpiazzarli nella cultura delle matematiche, e cercarono in qualche modo di compensare col loro studio le perdite, che alle medesime avevano cagionate. Gli arabi infatti conservarono le cognizioni de' greci, ed anzi in alcune parti non poco le accrebbero, e le trasmisero agli europei arricchite di parecchie loro scoperte. Erano allora gli europei affatto sforniti di matematiche cognizioni, ed avevano d'uopo de' lumi, e degli ammaestramenti de' saraceni per poter entrare con qualche felicità nello studio di quelle scienze. Lo studio, che allor facevano, più guardava l'uso degli ecclesiastici riti che la propria erudizione, o l'avanzamento de' loro studj, e riducevasi solamente a saper calcolare i movimenti degli astri per formare un buon calendario, e fissare acconciamente le feste ecclesiastiche. Le controversie agitate fino da' primi secoli della chiesa sul vero tempo di celebrare la pasqua, e l'uso di adoperare il canto, e la musica negli uffizj divini eccitarono lo studio di molti padri per attendere alle matematiche, come utili a ben distendere i cicli pascali, e a regolare le feste ed il canto della chiesa. Così sant'Ippolito studiò l'astronomía per comporre un canone pascale,

Degli europei.

sant'Agostino scrisse di musica, ed altri padri greci e latini adoperarono tali studj per procurare maggior decoro, e più giusto regolamento nelle feste, e nel canto degli uffizj divini. Questo spirito ecclesiastico de' santi padri piucchè il geometrico degli Archimedi e degl'Ipparchi animò i greci posteriori e i latini nella lettura, che talor fecero di qualche libro geometrico, e nel maneggio dell'astrolabio. E da uno studio intrapreso con sì piccioli oggetti, e con mire così ristrette qual profitto potevano ritrarre le matematiche, quelle scienze sublimi e divine destinate a condurci pe' vasti campi della natura, ed a pesare i suoi corpi, a sollevarci ne' cieli, e misurare il corso degli astri, e ad entrare in qualche modo a parte con Dio nel regolamento dell'universo? Vediamo un poco qual fosse in que' bassi tempi lo stato delle matematiche presso i greci, e presso i latini. Sbandite queste da' greci coll'irruzione de' saraceni furono richiamate nel principio del decimo secolo da Costantino Porfirogenito, del quale dice Cedreno *(a)*, che ristorò colla sua industria l'aritmetica, la geometría, la musica, e l'astronomía, che per la trascuratezza, ed ignoranza de' precedenti imperatori erano da lungo tempo perite. Ma non si vide alcun frutto di questo ristoramento, nè sorse verun greco scrittore, che trattasse di quelle scienze, e rinnovasse ne' suoi nazionali l'antico genio di coltivarle. Venne finalmente nel secolo undecimo Psello il giuniore, e levò tale grido del suo sapere, che fu a piene voci chiamato da' greci coetanei dottissimo e sapientissimo; ed è poi lodato dall'Allazio *(b)* come superiore a quanti greci di que' tempi lo precederono, e lo seguirono. Ma quale è poi questo decantato sapere di Psello, tanto superiore

De' greci de' tempi bassi.

(a) *Comp. hist.* (b) De Psellis XXXII.

alla sua età? Noi abbiamo ancora le sue opere matematiche; nè altro in esse scorgiamo che assaggiati i primi elementi di quelle scienze; ed un suo trattato astronomico, che conservasi inedito nella reale biblioteca di Madrid, e di cui ci ha dato diligente ragguaglio l'Yriarte (*a*), fa vedere abbastanza, che tutte le mire del grande studio di Psello erano principalmente dirette a trovare il tempo legale della pasqua, della settuagesima, e d'altre feste ecclesiastiche. Non sembra, che il nome, e le fatiche di Psello facessero molti proseliti nello studio delle matematiche; e nè in quel secolo, nè ne' seguenti si vide fra' greci veruno scrittore, che potesse dare qualche moto e calore a quello studio. Solo nel decimoquarto sorsero alcuni dotti, che parevano voler richiamare alla Grecia le sbandite scienze, tanto coltivate da' gloriosi loro maggiori. Barlaamo ed Isacco argiro sono forse i due greci, che dopo la distruzione della scuola alessandrina più giustamente si sieno meritato il nome di matematici; ma a dire il vero questi stessi quanto superavano le cognizioni geometriche de' loro coetanei, altrettanto rimanevano inferiori agli antichi i più mediocri; e il libro di Barlaamo citato dal Fabrizio (*b*) sul vero metodo di conoscere il tempo di celebrare la pasqua, e i due d'Isacco riportati dal Petavio (*c*) per ritrovare i cicli del sole e della luna, e quindi la pasqua, la quaresima, ed altri giorni ecclesiastici ci mostrano chiaramente quale fosse il vero oggetto di quel loro studio. Teodoro Metochita, Niceforo Gregora, Niccolò Cabasila, e gli altri pochi, che con qualche diligenza s'applicarono a tali scienze, tutti presero di mira il ciclo pasquale, ed il calen-

---

(a) *R. Bibl. Matr. codd. gr. ms.* p. 175 ec. (b) *Bibl. gr.* tom. x.
(c) *Uranol.*

dario; nessuno tentò d'entrare in più sublimi teoríe, nessuno pensò ad arricchire di nuovi lumi lo spirito umano.

De' romani. Che se tale era lo stato di quelle scienze presso i greci, i quali n'erano stati per lunghi secoli sì eccellenti maestri, qual miserabile strazio non avranno sofferto da' latini, che non fecero mai professione di coltivarle? Sappiamo, che Sesto Pompeo fu in credito di matematico fra i romani, che C. Sulpizio Gallo trattò delle ecclissi, che scrissero intorno gli astri L. Arunzio, e Giulio Cesare, e che Varrone e Nigidio Figulo composero alcune opere matematiche. Ma che per ciò? In mezzo a tutti questi scrittori lamentavasi il giudizioso Tullio degli angusti confini, in cui ristringevano i romani lo studio delle matematiche, e de' pochi progressi, che avevano fatto presso loro quelle scienze *(a)*. Noi più non abbiamo gli scritti matematici de' romani; ma possiamo non pertanto darci a credere, che non dovessero giovar molto all' avanzamento de' loro studj. Varrone, enciclopedico qual egli era, avrà scritto da erudito, non da geometra; e di Nigidio Figulo, versato anch'esso in molteplice erudizione, dice A. Gellio *(b)* ch'era di tale sottigliezza ed oscurità, che non veniva letto da alcuno. Infatti dove mai vedesi citato Varrone, o Nigidio Figulo, od altro romano per nuove scoperte, o nuove dimostrazioni, per osservazioni sottili, o per qualche illustrazione d'alcuna parte delle matematiche? Solo Giulio Cesare occuperà sempre onorato posto nella loro storia, non tanto per le sue opere, benchè queste forse sieno state superiori a tutte l'altre de' romani, e certo più di tutte stimate da' greci, quanto per la correzione del calendario, sebbene anch'in questa ebbe gran parte Sosigene. Che se Vitru-

(a) *Tusc.* l. I. (b) Lib. XIX, c. XIV.

vio, Columella, Frontino, ed altri romani mostrano aver fatto qualche studio delle matematiche, questo serviva soltanto per la propria cultura ed erudizione, e pel più pieno possesso delle materie, che prendevano ad illustrare, non per cercare alcun avanzamenro di quelle scienze. Ma anche questo amor dell'erudizione cominciò a venir meno presso i latini; e nè Apulejo *(a)*, nè Macrobio *(b)*, nè Cassiodoro, nè Marciano Capella, nè il vero, o supposto sant'Agostino, nè l'enciclopedico sant'Isidoro danno saggio nelle lor opere matematiche d'essersi inoltrati in quelle scienze più in là della mera intelligenza delle prime parole tecniche. Boezio può riputarsi il maestro delle matematiche de' latini; e tale infatti lo riconobbero Cassiodoro, sant'Isidoro, Beda, e tutti gli altri. Ma Boezio con tutto il suo magistero altro non fece che tradurre con qualche libertà le opere più elementari de' greci, com'egli stesso confessa, di quelle d'aritmetica, di geometría, e di musica, che ci sono rimaste, e Cassiodoro lo dice anche di quelle d'astronomía, e di meccanica, che sono perite. Queste traduzioni di Boezio, benche citate come libri classici e magistrali da sant'Isidoro, e da Beda, i due più eruditi uomini che fossero dopo di lui, furono nondimeno ne' tempi posteriori lasciate in abbandono, e quasi perdute; e noi vediamo Gerberto *(c)*, che sembra menar gran festa per aver trovati otto libri d'astronomía di lui, che noi più non abbiamo, e la sua geometría. L'unico libro, in cui studiavano poi i latini le matematiche, erano l'etimologíe di sant' Isidoro, dal quale certo poco potevano imparare; ma quel poco, che si sapeva, che riducevasi soltanto all'intelligenza d'alcune voci proprie di quelle scienze, tutto attingevasi al

De' latini de' tempi bassi. Boezio.

(a) *De Mundo*. (b) In *Somn. Scip.* (c) Ep. VIII *Adalb. Rhem. Archiep.*

fonte di quel santo dottore. E qui siami lecito di fare una breve riflessione in difesa di san Gregorio, che vanamente viene accusato come ignorante nimico delle matematiche, e barbaro sbanditore de' matematici. Al vedere questi studj in mano di sant'Agostino, di Cassiodoro, di Boezio, di sant'Isidoro fratello di san Leandro, intimo amico di san Gregorio, e d'altri vescovi, e di persone ecclesiastiche e pie, al contemplarli impiegati a regolare le feste della chiesa, ed a servire al culto divino, potrà egli mai credersi, che quel gran santo, tutto attento agli uffizj ecclesiastici, e al culto del Signore, sbandisse le matematiche, e ne proibisse lo studio? Quel santo, tanto impegnato pel canto, e per la musica della chiesa, poteva egli mai condannare le matematiche, delle quali era una parte la musica? Quel santo zelante sostenitore delle istituzioni de' concilj, e della pratica della chiesa avrà egli sbandita l'astronomía tenuta in gran conto dal concilio niceno, da' papi, e da tutta la chiesa, e impiegata al regolamento della pasqua, e delle feste ecclesiastiche? Se vero è in qualche senso quello, che dice il solo Gioanni di Sarisbery, autore di sei secoli posteriore, che il santo *Mathesim jussit ex aula recedere* (a), ciò non può intendersi che dell'astrología giudiciaria, bandita sotto lo stesso nome replicate volte dagl'imperatori, non mai del vero studio di quelle scienze abbracciato da' santi padri; e san Gregorio amante della musica, e studioso della regolarità ed esattezza nel culto divino, lungi di riputarsi nimico delle matematiche si dovrà credere lor protettore. Ma ritornando a seguire il corso di questo studio, tra i non molti, che in que' secoli lo coltivarono, altro non vediamo che Beda, il quale possa

San Gregorio falsamente creduto persecutore de' matematici.

Beda.

(a) Policrat. lib. II, c. XXVI.

in qualche modo chiamarsi matematico, e porsi al lato a Boezio; anzi le sue opere aritmetiche, troppo superiori agli informi trattatelli di Cassiodoro, di Marciano Capella, di sant'Isidoro, e degli altri latini, per potersi metter con essi al paragone, sono in qualche riguardo preferibili agli stessi libri aritmetici di Boezio, perchè entrando un poco più di questi nella parte pratica di quell'arte, possono più interessare la nostra curiosità: e così parimente le cognizioni astronomiche di Beda, benchè dirette, secondo l'uso di tutti i latini e greci, a formare cicli pasquali, e a regolare il calendario, furono anche superiori a quelle degli altri, perchè giunsero a scoprire la precessione, che era seguíta negli equinozj dopo il concilio niceno, e il bisogno che v'era di riformare il calendario. Ma questo studio di Beda, più riguardato com'ecclesiastico che come scientifico, non era abbastanza efficace per ispirare negli animi de' latini l'amore delle matematiche; nè vediamo dopo di lui che qualche calendario un poco più esatto che i volgari e comuni (*a*), e i superficiali trattati del quadrivio d'Alcuino, che possano in qualche modo riputarsi come frutti de' suoi lumi.

Influenza degli arabi nelle matematiche degli europei.

Il vero principio del nostro studio matematico venne dagli arabi, come altrove abbiamo provato assai lungamente. Se Gerberto trovò in Spagna un maestro di matematiche nel vescovo Aitone, uno scrittore d'aritmetica in Giuseppe, ed altro d'astronomía in Lupito; se moltissimi furono gli scritti matematici degli spagnuoli, de' quali restano ancora parecchj volumi nella biblioteca di Toledo, come dice il Burriel (*b*); se corsero dentro e fuor della Spagna con particolare credito di dottrina la fama, e le opere di Giovanni di

Degli spagnuoli.

(a) V. Ximenez *Intr. istor. del vecchio e nuovo gnomone*.

(b) Carta al P. Rabago, e *Paleogr. Españ.*

Siviglia; se in Ispagna si composero le tavole alfonsine, che quantunque inesatte e imperfette, furono pure la sorgente dell'astronomía degli europei; tutti questi sono frutti del magistero, e dell'influenza letteraria de' saraceni. Non da Beda, nè da Alcuino, ma dagli arabi vollero imparare le matematiche Atelardo goto, e il Morley; ed al medesimo fonte attinse posteriormente le sue cognizioni fisiche e matematiche il celebre Ruggero Bacone, che può in qualche modo riguardarsi come l'onorato padre de' molti e nobili fisici, e matematici, che ha poi prodotti alle scienze l'Inghilterra. Da Alfragano e dagli arabi, e dalle arabiche traduzioni de' greci formò Giovanni di Sacrobosco la celebrata sua *Sfera*, che è stata per tanti secoli riguardata come l'opera classica dell'astronomía degli europei; ed egli in oltre non giovò forse meno all'avanzamento delle matematiche col propagare che fece l'aritmetica degli arabi. A chi dèe l'ottica, se non agli arabi, il vedersi gloriosamente collocata nella classe delle matematiche? Tuttochè illustrata da Euclide, e da altri greci, giaceva nondimeno esclusa dalla greca enciclopedía, e dal quadrivio latino, e sarebbe rimasta sconosciuta dagli europei, se non era Vitellione, che istruito nelle arabiche scuole, e pieno della dottrina d'Alhacen, la facesse loro conoscere, e gustare. Dagli arabi parimente derivano i progressi delle matematiche nella Germania, dove si sono veramente formate e cresciute in scienze perfette. Non fu egli quando Gerberto ritornò dalla Spagna istruito nelle arabiche discipline, che si videro queste coltivate nella Germania? Frutto certamente di quell'istruzione riputare si possono non solo le varie opere geometriche, astronomiche, e d'ogni sorta, che compose Gerberto, ma lo zelo eziandío, che egli mostrò nelle sue lettere per la promozione di tali scienze, e l'ardore, che accese

Degli inglesi.

De' tedeschi.

l'animo de' tedeschi per la cultura delle medesime. Lo stesso imperatore Ottone scrisse a Gerberto, pregandolo di comunicargli i suoi lumi su l'aritmetica. Il vescovo d'Utrecht Adelboldo indirizzò a Gerberto già papa un opuscolo su la maniera di ritrovare la grossezza d'una sfera. Scrisse poco di poi nel secolo undecimo Ermanno Contratto su la quadratura del circolo, su la misura, e su l'utilità dell'astrolabio, e su le ecclissi, e su altri punti astronomici, e in tutto fece grand'uso delle arabiche cognizioni, e mostrò quanto fosse allora generale il magistero de' saraceni. Fece fare Federigo secondo molte traduzioni dall'arabo sì d'autori greci che d'arabi, e rese così più comuni e più estese le notizie di quelle scienze, che prima erano troppo ristrette, e confinate in pochissimi particolari. Vennero quindi Alberto Magno, venerato per molti secoli, e non senza ragione, per un portento di cognizione della natura, e Giordano Nemorario stimato anche in tempi più illuminati; e si andò in tal guisa preparando la Germania a produrre col tempo il Purbach, il Regiomontano, il Copernico, che possono guardarsi come i veri ristoratori dell'astronomía, e di tutto lo studio matematico. Questo non dee meno all'Italia che alla Germania, e l'Italia più anche che la Germania ricevè i primi suoi lumi dalle scuole de' saraceni. Gherardo carmonese, o cremonese che fosse, fu certo discepolo nelle matematiche degli arabi nella Spagna, e maestro nelle medesime degli italiani, e d'altri europei, e la sua *Teorica de' Pianeti* fu per molti secoli, come la *Sfera* di Giovanni di Sacrobosco, il libro copiato e ricopiato, letto, e studiato da tutti gli astronomi, come dice lo stesso suo impugnatore il Regiomontano *(a)*. Assai mag-

Degl'italiani.

(a) *Disput. contr. crem. in plan. theor. deliramento.*

Campano di Novara.

giore fu il merito di Campano di Novara, non tanto per la sua *Teoria de' Pianeti*, stimata anch'essa come quella di Gherardo, e come la *Sfera* di Sacrobosco, quanto pe' suoi *Comentarj su gli Elementi d'Euclide*, studiati anche ne' tempi più illuminati, e lodati, e in gran parte abbracciati dal celebre Clavio *(a)*, e citati con istima anche posteriormente dal sublime geometra Viviani *(b)*. E Campano, come tutti i matematici di que' secoli, andò, come dice il Montucla *(c)*, ad apprendere dagli arabi le matematiche cognizioni; seguì in tutto la tradizione di questi, come osserva lo stesso Clavio *(d)*, e ci diede l'Euclide, ch'egli prese da loro, e fu in ogni cosa un matematico arabico. Campano e Gherardo giovarono certamente colle loro opere all'avanzamento di quegli studj. Ma che sono questi lor meriti rispetto al grande e singolare di Leonardo di Pisa d'avere introdotta l'algebra nell' Europa? Sconosciuta era l'opera di Diofanto, perduti i comentarj d'Ippazia, e d'altri greci, e perita affatto ogni idea di tale scienza: se noi ora abbiamo un'algebra, se questa è feconda madre delle più sublimi scoperte, s'è divenuta il più utile ed opportuno stromento per l'avanzamento delle scienze, e per la cultura dello spirito umano, tutto deesi agli arabi, che co' lumi di Diofanto formarono quest'arte, ed a Leonardo, che avendola imparata dagli arabi la comunicò generosamente a' suoi nazionali. Quindi toscana fu l'algebra per molto tempo, e poi si sparse pel resto dell'Italia, e divenne comune a tutta l'Europa; e questa, più ancor che l'ottica, è un ramo delle matematiche, che ha resi agli europei copiosi frutti, ma che essi deggiono riguardare come intieramente dovuto alla penetrazione e al sapere de' musulmani.

Leonardo di Pisa.

(a) *Comment in Eucl.d.* Praef. (b) *In Aristaeum* Praef.

(c) *Hist. des Math.* tom. I, part. III, lib. I. (d) Ibid.

Professiamo dunque gratitudine e riconoscenza agli arabi nostri maestri, e ripetiamo dalle loro scuole, da' loro scritti, dalle lor traduzioni la prima origine delle nostre scienze, e il vero ristoramento delle matematiche. Ma qualunque fossero i progressi fatti dagli europei co' lumi degli arabi, quelli non furono che le prime mosse ancor languide e lente, che presero i loro studj; nè erano da sperarsi notabili avanzamenti col solo ajuto di tali guide. A' greci padri e creatori di quegli studj, a' greci maestri degli arabi e de' latini, a' greci possessori del vero sapere, a' greci bisognava attenersi per potersi innalzare a sublimi e rapidi voli. Gli autori greci, che allor maneggiavano gli europei, tutti venivano dalle mani de' musulmani; gli Euclidi, o i Tolommei, che studiavano, non erano que' matematici greci, che tanti bei lumi avevano dati a' lor nazionali, ma erano, per così dire, scrittori arabici, divenuti tali nelle arabiche traduzioni, dalle quali si erano fatte le latine. D'uopo era dunque ricercare gli autori greci negli stessi fonti, studiarli nel proprio loro idioma, e tradurli dal testo originale. E questo incominciarono a fare nel secolo decimoquinto i tedeschi e gl'italiani. Sarebbe impresa non men nojosa e molesta a' lettori, che difficile e faticosa per noi il voler tessere un catalogo de' moltissimi traduttori, che recarono dal greco in latino i matematici greci: il solo Montucla, che pure suol esser parco in tali enumerazioni, ne riporta più che non bisogna, per mostrare, che ne fu soverchia dovizia: e noi soltanto diremo, che il Regiomontano, il Maurolico, il Commandino furono i più stimabili, che quasi tutti i migliori matematici di que' tempi divennero anche i migliori traduttori, e che alle traduzioni, che allor si fecero dal greco, si debbono riferire i rapidi progressi, che sono poi venuti sì pienamente alle ma-

Ristoramento delle matematiche.

tematiche. Tanto giova in queste non solo la proposizione delle verità, ma forse più ancora la forma e maniera stessa di proporle, la connessione, e l'ordine nell'esposizione, l'eleganza, chiarezza, e forza nella dimostrazione.

Avanzamenti delle moderne matematiche.

E in verità quale immenso salto non vedesi da' pochi e deboli matematici de' bassi secoli a quegli egregj e valenti eroi, che in tanta copia si sono presentati dopo la più intima conoscenza e domestichezza co' greci maestri? Il Regiomontano può dirsi il primo autore di questa felice rivoluzione: nuova schiatta di matematici si vide sorgere dopo di lui d'altra immaginazione, d'altro ingegno, d'altro ardor di ricerca, d'altro spirito d'invenzione, che sembravano avere un'altra anima, ed essere d'un'indole, e d'una natura diversa da quella de' precedenti. Più monta un solo Copernico, un Ticone, un Vieta, un Galileo, un Keplero, che quanti latini, arabi, e greci sono fioriti dopo Tolommeo, Diofanto, e Pappo. Anzi non solo con questi, ma cogli stessi antichi greci loro maestri cominciarono nel secolo decimosesto a gareggiare i moderni, e disputare loro il matematico principato, di cui erano stati per tanti secoli in tranquillo e pieno possesso. E perchè non potevano Ticone e Galileo guardarsi come superiori ad Ipparco ed a Tolommeo? Non emularon eglino il Vieta e il Keplero la gloria degli Archimedi e degli Apollonj? Non s'avanzarono sopra gli antichi, benchè stando ancor su le stesse vie da loro aperte, il Guldino, Gregorio di san Vincenzo, l'Evelio, il Bayero, e tant'altri astronomi e geometri di quell'età? Quante verità prima gelosamente nascoste non s'appalesarono da sè stesse, quando cercate furono col nuovo metodo del Cavalieri, e del Roberval? Apresi nuova scena per le matematiche al comparire il Cartesio, il Fermat, il Wallis, l'Ugenio; e cominciano a

vedersi la terra e i cieli in un aspetto diverso, e sotto più grandiose e più vere sembianze. Ma cresce ancor sul finir del passato secolo, e al cominciare di questo l'onore di quelle scienze. Il Leibnitz, il Newton, il Cassini, il Flamsteed, l'Hallejo, i Bernoulli hanno co' loro calcoli colta nelle sue operazioni la natura, si sono resi padroni de' suoi arcani, e l'hanno sotromessa alle scientifiche loro leggi. Questa è l'epoca della vera gloria delle matematiche, quest'è il punto del loro maggiore innalzamento: da quel tempo non corsero, ma volarono, e fecero in pochi anni più progressi che in addietro non avevano fatti per molti secoli: non v'è stata provincia, che non abbia prodotto qualche gran matematico, non v'è passato giorno, che non sia stato segnato con qualche illustre scoperta. Il Bradley, il Simson, il Bouguer, il Clairaut, il d'Alembert, Daniele Bernoulli, l'Eulero, il Boscovich, il la Grange, e mille altri hanno fatto in poc'anni, che il calcolo, la meccanica, l'idraulica, l'ottica, l'astronomía, la nautica, e perfino l'acustica, che sembrava la men curata, si vedano non solo arricchite di nuove verità, ma eziandío accresciute di nuovi rami di. scienze. Quanto non si aggrandisce l'idea dello spirito umano al considerare l'ampio e nobile stato, a cui dalle picciole scoperte di Pittagora e di Talete sono or levate le matematiche! Noi entreremo ad esaminare distintamente ciascuna delle loro classi, e vedremo i gloriosi avanzamenti, che per l'opera di tanti, e sì nobili ingegni hanno tutte ottenuti.

CAPITOLO II.

DELL' ARITMETICA.

Origine delle matematiche.

Qualunque sia stato il primo popolo illustratore dell'aritmetica, o l'Egitto, come credevano Platone (*a*), Ecateo, ed Aristagora (*b*); o la Fenicia, come dicono Strabone (*c*), Porfirio (*d*), e Proclo (*e*), e come pare più naturale, atteso il maggior bisogno, che aveva d'aritmetiche calcolazioni pel suo commercio; o qual si sia altro popolo, che possa pretendere quest'onore, noi certo più non abbiamo alcuna notizia nè della origine di questa scienza, nè de' primi suoi progressi. Sappiamo soltanto, come già al suo tempo osservò Aristotele (*f*), che quasi tutte le nazioni con maravigliosa uniformità sono convenute in ridurre il conteggio ad uno stesso sistema di numerazione, e in abbracciare quasi tutte la decupla progressione. Di che cercando il citato Aristotele la ragione, crede potersi congetturare, che sia nata tale decupla numerazione dal cominciare, che tutti fanno comunemente a contare su le dita delle mani, le quali essendo soltanto dieci, possono aver dato luogo a tale combinazione (*g*). Sul qual proposito opportunamente riflette l'Ervas nella sua *Aritmetica delle nazioni* (*h*), che varj popoli americani danno il nome d'una mano al numero cinque, e di due a quello di dieci; anzi soggiunge per maggiore conferma, che quei pochissimi che contano per ventine, quasi tutti sono selvaggi, i quali avendo ignudi anche i piedi, possono aggiungere le dieci dita di questi a quelle delle mani, e formare così il vicenale conteggio. Il fatto è, che non so-

(a) In *Phaedro*. (b) Laert in *Prooem*. (c) Lib. XVI. (d) In *Vit. Pythag.* (e) *Comm. in Eucl.* (f) Probl. XV. (g) Ibid. (h) Art. I.

lo i popoli conosciuti al tempo d'Aristotele, il quale n'eccettua soltanto uno de' traci, che non sapeva passare oltre il quattro, ma anche quasi tutti gli altri scoperti posteriormente seguono un tal sistema di numerare. E questa universalità può provare assai chiaramente non essere stata questa un' invenzione aritmetica di Pittagora, come taluno vorrebbe credere, ma una più antica e generale tradizione, fondata in qualche ragione della natura, quale potrebbe giustamente credersi la sopraccennata d'Aristotele. Pittagora è bensì stato il primo che sappiamo aver fatto studio su le diverse combinazioni de' numeri; ed egli, che recò molta perfezione a tutta la matematica, si dedicò singolarmente a quella sua parte, che è l'aritmetica, come leggiamo in Laerzio (*a*). Che se i critici possono aver ragione di dubitare, che egli scrivesse de' numeri, come vogliono il Malata (*b*), sant'Isidoro (*c*), e il Cedreno (*d*); certo è nondimeno, che molte cose insegnò a' suoi discepoli intorno a questa materia, e che la dottrina de' numeri tutta è pittagorica. Vero è, che l'aritmetica di Pittagora era in gran parte simbolica e misteriosa, e che troppo egli s'occupava nel dare a' numeri molti sensi allegorici. Il Meursio (*e*) dietro la scorta d'altri non pochi ha raccolti i varj sensi, che ad ogni numero davano i pittagorici; e fa in verità maraviglia, che uomini grandi, quali erano certamente Pittagora e molti de' suoi seguaci, potessero perdersi dietro a sì vane immaginazioni. Pur nondimeno l'esaminar tanto i numeri, il contemplarli, il rivolgerli, il combinarli doveva far nascere varie utili speculazioni; e se vani furono quegli studj per la sognata lor teología, servirono all'aritmetica, per iscoprire molte curiose, ed interessanti

Aritmetica di Pittagora.

(a) In *Pythag.* xl. (b) *Chron* t. I. (c) *Orig.* III, c. II.
(d) *Comp. hist.* (e) *De denario Pythag.*

verità, che senza tali ricerche sarebbono rimaste per molto tempo sconosciute e nascoste. Alcuni vogliono, che Pittagora, veneratore della *tetratti*, o del numero quadernario, contasse soltanto su quattro numeri, ritornando all'unità dopo i quattro, come noi usiamo co' dieci. E infatti il Weigelio *(a)*, il Wallis *(b)*, ed alcuni altri hanno cercato di far tutti i conti coll'uso di soli quattro numeri, e di formare una aritmetica quaternaria, quale credeva il Weigelio, che fosse stata la pittagorica. Ma come che ingegnose sieno, e lodevoli queste combinazioni, non sembra però, che possano fondatamente attribuirsi a Pittagora, il quale, per quante memorie ci rimangano degli antichi, adoperava, come noi, dieci numeri, e trovava non solo ne' quattro primi, ma eziandío in tutti gli altri curiosi, e particolari misterj. Che se con qualche distinta considerazione riguardava il quadernario, ciò sarà stato soltanto, perchè ne' primi quattro numeri in guise diverse combinati si possono trovar tutti i dieci, non perchè egli si fermasse ne' soli quattro senz'adoperare gli altri. Se Pittagora avesse contato soltanto con quattro numeri, è egli credibile, che Aristotele non l'avesse accennato, dove cercando *(c)* le ragioni, per cui tutti generalmente adoperino i dieci numeri, altro non n'eccettua che un popolo della Tracia, il quale usava appunto di soli quattro, ma per rozzezza e stupidità? Egli pur cita in quel luogo i pittagorici, ma per una ragione affatto contraria, e che suppone il conteggio pe' dieci numeri. Archita tarentino celebre pittagorico scrisse un'opera citata da Teone smirneo col titolo *Della decina*, Περὶ δέκαδος; e Boezio *(d)* dice, che per l'amore che portava Pittagora verso il numero decenario, Archita pit-

Tetratti pittagorica.

(a) *Tetract. Pythag.* (b) *App.* tom. I.
(c) Probl. xv. (d) *Arith.* lib. II, c. XLI.

tagorico costituì dieci predicamenti. Tutto questo prova abbastanza, che non il numero quadernario soltanto usasse Pittagora, ma che seguisse come tutti gli altri il decenario. Un passo di Boezio alla fine del primo libro della geometria sotto il titolo *Euclidis Megarensis Geometria ab Anitio Severino Boetio translata,* ci narra l'istituzione dell'abaco inventato da' pittagorici, ed ha fatto credere a molti, che questi avessero conosciuto, ed usato le cifre, e l'aritmetica arabica. „ I pit- „ tagorici, dice Boezio, per non fallare nelle moltipliche, „ nelle divisioni, e nelle misure (così pare che debba in- „ tendersi il *podismis*) com'erano in tutto ingegnosissimi, e „ sottilissimi, immaginarono una certa formola, che per ono- „ re del loro maestro chiamavano *Tavola pittagorica*, e che „ gli altri dicono *Abaco* „. Quindi riportata questa tavola, entra a spiegare la maniera, con cui l'usavano, e dice, che avevano certi apici diversamente formati, o certi caratteri, che corrispondevano a' numeri, e che posti in diverse linee facevano nascere maggiore, o minor numero. Da questa tavola, e da questa dottrina vogliono molti riconoscere presso gli antichi le cifre da noi dette arabiche, e l'uso dell'arabica aritmetica. Infatti in molti codici antichi si riporta una tavola colle cifre arabiche assai espresse; e la dottrina, che per l'uso di quella tavola adduce poi lo stesso Boezio, vuolsi da molti, che pienamente convenga alla nostra forma di conteggiare. Ma è egli poi così realmente? e da quella tavola, e da quel passo si può egli chiaramente conchiudere l'uso delle cifre, e dell'aritmetica arabica? Tre copie diverse ho vedute di tale tavola, prese da tre diversi codici antichi, uno della Vaticana del secolo decimo num. 3123, altro dell' Ottoboniana Vaticana del decimoterzo num. 1862, e il terzo della Barberina del duodecimo num. 830, e tutte tre in-

Abaco pittagorico.

Cifre numerali non conosciute da' pittagorici.

tieramente diverse dall'abaco comune, o dalla tavola impressa nell'edizione di Basilea, e tutte altresì fra lor discrepanti, nè in modo alcuno coerenti coll'aggiunta dottrina dello stesso Boezio. Vedonsi in esse sulla prima riga i numeri somiglianti agli arabici, ma su le altre non trovansi che i romani, con qualche lettera, che può parer greca, e con certi segni, che non sono più per noi intelligibili. I numeri della prima riga sono accompagnati da certi nomi, come *Igin*, *Andras*, *Ormis*, *Arbas*, *Quimas*, *Caltis*, *Zenis*, *Zemenias*, *Scelentis*, che hanno dell'arabo e dell'ebraico, e che possono credersi alterati dagli arabici, ma che non portano la più picciola somiglianza co' greci. L'ordine stesso, e la collocazione de' numeri da destra a sinistra mostra tosto un'origine orientale. E tutto prova, che la tavola descritta ne' codici di Boezio non è certamente de' discepoli di Pittagora, nè anche dello stesso Boezio, ma introdotta posteriormente da chi aveva ricevute dagli arabi, o dagli ebrei loro discepoli le arabiche cifre. Infatti in altri codici non vedonsi tali cifre, ma soltanto i caratteri romani, come d'alcuni asserisce il Wallis (*a*), e come osservasi in una simile tavola, che vedesi in un codice della Laurenziana, che contiene non già l'opera di Boezio, di cui ora parliamo, ma la sua picciola geometria col titolo *Liber de Geometria*, assai più estesa però che la stampata, arricchita di figure geometriche, e accresciuta di tre libri. Che se al principio del sopraccitato codice della Barberina si uniscono a quelle note, ed all'alterato loro nome orientale le corrispondenti lettere greche, come mi fa osservare il ch. abate Marini in un suo foglio, questo non prova, che dalle lettere greche sieno derivati i

(a) In *Alg.* tom. II, p. II.

numeri arabici, come l'Uezio (*a*), e qualch'altro hanno preteso, ma soltanto, che volle il copista farvi mostra della sua erudizione, facendo vedere, che sapeva anche quali fossero i greci segni di tali numeri; poichè in tutto il resto di quella tavola non più si adoprano i greci caratteri, nè vedonsi che i romani. Ne più so intendere come vogliasi dire, che la dottrina aggiuntavi di Boezio si possa adattare all'aritmetica arabica. Come fare in questa a spargere come polvere quelle note nelle moltipliche, e nelle divisioni, com'ei dice, che facevano i pittagorici? Che dire poi del diligente esame, che egli richiede, per sapere a quale pagina debbano aggiungersi i diti, o sieno le unità, a quale gli articoli, o le decine? Che di que' moltiplicatori singolari, deceni, centeni ec., e de' diversi loro diti ed articoli? Qual uso potremo noi fare di tutta questa dottrina nelle moltipliche e divisioni? Come adattare una sola linea di tutto quel passo al nostro modo di conteggiare? Quanto più prendo ad esaminare tutte le parole del testo di Boezio, tanto più lo ritrovo mal inteso da chi vuole quivi riconoscere l'aritmetica arabica. Pruova, a mio giudizio, evidente di non averne parlato Boezio è il vedere, che sant' Isidoro, che conosceva le sue opere, dice bensì (*b*), che le lettere presso i greci compongono le parole, e fanno i numeri, ma niente accenna mai delle cifre; che Beda erudito aritmetico, e versatissimo nelle opere di Boezio, parla de' numeri, e delle note numerali, ma soltanto delle sette lettere romane colle sapute combinazioni, niente mai dice delle cifre volgari, niente dell'or riferito passo, che avrebbe certo dovuto citare, se portasse questo una dottrina affatto diversa dalla spiegata da lui negli aritmetici suoi opuscoli; e

---

(a) *Demonstr. evang.* prop. IV. (b) *Orig.* lib. I, c. III.

che niuno insomma di quanti dopo Boezio scrissero di note romane e d'aritmetica, non fece mai motto di tali cifre, nè pensò mai di riportare quel passo. Il vedere un numero or *dito*, or *articolo*, o, come spiega lo stesso Boezio, or unità, or decina, ha abbagliati tali scrittori, ed ha fatto lor credere di riconoscervi, come nelle nostre cifre, lo stesso numero levato a decina coll'aggiunta d'un zero, e a centinajo con due. Ma quanto è diverso il senso di Boezio, e quanto lontana dalla nostra pratica la dottrina per noi inutilissima, e per gli antichi non molto interessante di tutto quel lungo passo! Questa sembra soltanto diretta ad insegnare dove debbano riporsi ne' diversi moltiplicatori, e moltiplicandi le unità e le decine, o i diti e gli articoli, e che se il 2 per esempio moltiplicherà dieci, sarà il dito nelle decine, e l'articolo nelle centinaja; ma se moltiplicherà cento, sarà il dito nelle centinaja, e l'articolo nelle migliaja, e così di tutti gli altri; dottrina, che poteva forse giovare all'intelligenza dell'aritmetica digitale, nella quale occupavansi gli antichi, come si vede in Beda (*a*), e in altri scrittori, ma che niente serve alla dotta pratica delle moltipliche e divisioni, nè al buon uso della tavola pittagorica, quale viene spiegata da altri scrittori, e quale è conosciuta da tutti comunemente. Onde sembra potersi conchiudere senza taccia di temerità, che non è stato bene inteso da tali scrittori il passo di Boezio, nè giustamente spiegata, e forse nemmen capita dallo stesso Boezio la tavola pittagorica, alla quale per nessun conto conviene l'aggiunta sua dottrina; ciò che non dovrà fare gran maraviglia a chi abbia qualche non superficiale cognizione delle opere de' latini in queste materie. Ma

(a) *De loq. per gest. dig.* etc.

ad ogni modo però da questo passo di Boezio, come da altri d'altri scrittori, possiamo vedere, che se non sono i pittagorici gl'inventori delle nostre cifre, ad essi certo deesi realmente riferire l'invenzione dell'abaco, che di tanto uso è stato per le operazioni dell'aritmetica, e che a Pittagora, ed a' pittagorici è debitrice quella scienza de' maggiori suoi progressi. Non parlerò delle opere aritmetiche di Telauge (*a*), d'Archita, e d'altri pittagorici, riportate dal Fabrizio (*b*), le quali certo avranno molto giovato a rendere più comuni i lumi di quella scienza, ma che sono per noi perite. Noi vediamo ancora in Platone, seguace anch'esso della dottrina di Pittagora, a quante sottili ed utili combinazioni si fossero già a quel tempo inoltrate le speculazioni degli aritmetici. Il celebre arabo Alkindi, che molto scrisse su l'aritmetica, ci diede un'opera in particolare su' numeri armonici riportati da Platone nel solo *Timeo* (*c*); e quest'in oltre nel *Teeteto*, e in molti altri dialoghi fa vedere il possesso, che allor avevasi della dottrina delle proporzioni, e di molte numeriche operazioni. Aristotele pure, anche in opere dove meno sembra, che si debbano aspettare, fa sovente allusioni, e richiami alle dottrine aritmetiche, e ci mostra assai chiaramente quanto esse fossero fin d'allora conosciute, e comuni presso i greci suoi lettori. Da tutto questo potrassi giustamente didurre, che già a que' tempi avrà data quella scienza degno argomento a più libri di storia, come infatti sappiamo essersene scritti alcuni da Eudemo, e da Teofrasto (*d*). Ma la prima opera, che noi abbiamo da potersi realmente dire aritmetica, venne dopo Eudemo, e Teofrasto, e sono alcuni libri degli elementi d'Euclide (*e*), i quali versano intorno a que-

Greci aritmetici.

Euclide.

(a) Suid. in *Thelauges*. (b) *Bibl. gr.* lib. II, c. XIII

(c) *Arab. phil. bibl.* (d) Laerz. in *Theophr.* (e) VII, VIII, IX.

sta materia, e provano quanto fin da quel tempo si fosse avanzata tale scienza, quante ingegnose ed utili combinazioni si fosser già fatte su le proprietà de' diversi numeri, e delle varie proporzioni, e de' moltiplici risultati, che ne derivano, e quante giuste ed avvedute regole si fossero prescritte per ritrovare i richiesti numeri, e misurare le proposte quantità.

Archimede.

Una luminosa prova de' progressi di quella scienza diede poco di poi Archimede. Il suo *Psammite*, ossia del numero de' grani d'arena, è uno sforzo d'aritmetica, in cui a disinganno degli ignoranti di tali materie, i quali credevano non esservi numeri abbastanza per esprimere la quantità de' grani d'arena, che si trovano nelle spiagge del mare, prova, che ancor quando fosse pieno di tali grani uno spazio maggiore di tutto l'universo allor conosciuto, il cinquantesimo termine d'una progressione decupla crescente sarebbe stato più che bastante per esprimere la ricercata quantità. Forza e sodezza d'ingegno volevasi in Archimede per giungere a tali determinazioni; ma d'uopo era altresì di non poca finezza e perfezione dell'arte, per poter cogliere tanta esattezza; ed una sì vasta e difficile operazione prova i molti progressi ed avanzamenti, che aveva già fatti l'aritmetica. In questo stato di perfezione dell'arte cercò Eratostene d'aggiungervi la facilità nell'operazione, e inventò un *cribro* aritmetico, mentovato da Nicomaco (*a*), e da Boezio (*b*), che può risguardarsi a ragione come la prima invenzione dell'aritmetica istrumentale. Questo cribro è una tavola de' numeri dispari coll'aggiunta de' divisori comuni a' composti, per distinguere i numeri primi e semplici da' secondi e composti; operazione or comune

(a) *Arithm.* (b) *Arithm.* lib. I, c. XVII.

e di poca utilità, ma allora non poco sublime e sempre molto ingegnosa. A questa invenzione d'Eratostene fece anche nel passato secolo le sue annotazioni Giovanni Fello vescovo d'Oxford, come dice il Fabrizio *(a)*, e più recentemente lavorò non poco intorno alla medesima il dotto matematico Pell, come impariamo da una lettera del Leibnitz *(b)*; ciò che prova quanta stima si fosse acquistata quel cribro d'Eratostene da' giusti conoscitori de' matematici pregi. Ma per quanto grandi fossero i meriti verso l'aritmetica d'Euclide, d'Archimede, e d'Eratostene, quegli che ottenne la maggiore celebrità, quegli che in qualche modo venne chiamato per distinzione *l'aritmetico*, fu Nicomaco scrittore di tempo incerto, ma che può dirsi del principio dell'era cristiana. Comenti, ed illustrazioni de' greci, traduzioni, abbreviazioni, ed anche ampliazioni, e spiegazioni de' pochi latini, che le potevano capire, e degli arabi, assai più intendenti de' latini in tali materie, sono una chiara pruova del conto, in cui furono tenute da tutti le opere aritmetiche di Nicomaco. E in verità come che or poco interessante riesca la sua dottrina, reca pure molto piacere l'osservare l'ingegno de' primi filosofi greci, che seppero formare tante, e sì vaghe combinazioni di numeri pari e dispari, primi e secondi, semplici e composti, perfetti e imperfetti, e tant'altri diversi, produrre tanti e sì curiosi numeri poligoni, trovare tante proporzioni, e scoprire da per tutto sì piacevoli, sì sottili e sorprendenti proprietà. Più utile, e più vantaggiosa per l'avanzamento dell'aritmetica è stata la dottrina di Diofanto, il Leibnitz, o il Newton degli antichi in questa parte. Egli non fermasi, come Nicomaco, a spiegare le proprietà de' numeri diversi, ma suppo-

Nicomaco.

Diofanto.

(a) *Bibl. gr.* lib. IV, c. XXI, §. 11I. (b) Ad Oldemburg. 27. Aug. 1676.

nendo in brevi definizioni le dottrine teoriche degli aritmetici, entra nella pratica, e corre di volo di questione in questione, sciogliendole tutte con sodezza ed acutezza d'ingegno, e spargendo copiosi lumi per la risoluzione di molt'altre. Ad ogni libro si va inoltrando in ricerche più ardue e difficili, e accennando nelle sue dottissime soluzioni ingegnosi e sicuri metodi di spiegarle; e noi dobbiamo tanto più dolerci della perdita de' sei libri che mancano, quanto che per quelli che esistono più fondatamente possiamo credere, che vi si trovassero molto più oltre distesi i confini dell'aritmetica. Certo egli è, che in nessuno degli antichi si vede quella sciolta franchezza, quel pieno possesso, quell'occhio acuto e sicuro per volgere, e rivolgere a suo grado le questioni di quella scienza, che osservasi in Diofanto. Ma la sua aritmetica è algebraica, e noi dovremo tornar a parlarne al trattare dell'algebra. Dopo Diofanto poco più abbiamo in questa materia che un frammento di Teone smirneo, il quale più serve per intendere gli scritti di Platone, e degli altri antichi, che per far avanzare l'aritmetica; e alcuni pezzi de' primi libri delle *Raccolte matematiche* di Pappo, dove le dottrine aritmetiche degli antichi dottamente riportansi. Onde a Pittagora, ed a' pittagorici, ad Euclide, ad Archimede, ad Eratostene, a Nicomaco, e a Diofanto possiamo noi giustamente riferire tutta la dottrina aritmetica de' greci.

Questa stessa servì eziandío pe' latini, i quali non avevano la miglior opera aritmetica di quella di Boezio; e questa, com'egli stesso confessa (*a*), non è che la dottrina, ed anzi l'opera stessa di Nicomaco, tradotta in latino liberamente, ed or abbreviata, or distesa, secondo che meglio a lui

---

(a) *Arithm.* praef.

piacque, per darci la giusta intelligenza della materia; della qual opera di Nicomaco avevano anche prima un'altra traduzione i latini, dovuta all'africano Apulejo. Nè Marciano Capella, nè il vero, o falso Agostino, nè Cassiodoro, nè sant'Isidoro, ne verun alrro di que' latini, che per formare il loro *quadrivio* scrissero trattati dell'aritmetica, non meritano di essere collocati fra gli scrittori di quella scienza. Solo il celebre Beda sul principio del secolo ottavo trattò de' numeri, e della maniera di conteggiare, propose quesiti numerici, e ne diede le soluzioni, e scrisse in modo di quelle materie, che potè ajutare lo studio di chi volesse apprendere tal arte, e dar qualche lume alla nostra curiosità, per ravvisare dopo tanti secoli le operazioni aritmetiche degli antichi. Questi avevano anche in uso un'arte detta *dattilonomia*, abbandonata poi da' moderni, quella cioè di contare colle dita, adoperando in vece de' caratteri le varie inflessioni, e situazioni di queste, e formando così varj calcoli; della qual arte sopra tutti gli antichi scrisse più distintamente il medesimo Beda, ed è stato poi seguíto dal Nebrissense (*a*), dal Wover (*b*), e da altri moderni.

Aritmetica degli arabi.

Più assai che a Beda, e a tutti i latini dèe l'aritmetica agli arabi, unici posseditori per molti secoli delle matematiche cognizioni. Infiniti sono i saraceni, che illustrarono co' loro scritti tali materie, ed ottennero in esse singolar nome. Gran grido levò Thebit ben Corrah, e le sue opere aritmetiche de' numeri poligoni, e di que', che si moltiplicano all' infinito, della proporzione composta, e dell'epitome de' libri di Nicomaco erano studiate come magistrali, e classiche in quella scienza. Abi Abdalla Moamad fu chiamato per distin-

(a) *De digit. supput.* (b) *Polymath.*

zione *l'aritmetico*. Abu Barza ottenne particolarmente il nome di *calcolatore*, si distinse sì nella cognizione e scienza de' numeri, che nell'arte di maneggiarli, e nell'erudizione, che spetta i medesimi, e non solo seppe vedere le proprietà, e le ragioni de' numeri, ma immaginò altresì nuove maniere di combinarli, ed arricchì di nuove notizie, e di nuovi metodi l'aritmetica. Noi adoperiamo ancora ne' nostri calcoli la regola di *falsa posizione*, detta anche *d'elcatain*, nella quale prendendo ad arbitrio un numero, e vedendosene il risultato, si fa poi la regola di tre, e si ritrova il vero numero che si cerca; e questa regola è dovuta agli arabi, come dal nome stesso apparisce, e come attesta Luca di Borgo (*a*), il quale dietro a Leonardo da Pisa la riporta come arabica invenzione unitamente ad alcune altre su le stesse materie. Ma la maggiore obbligazione della nostra aritmetica verso i saraceni viene dall'introduzione, che loro deesi, delle cifre numerali, e della maniera d'adoperarle: sarebbe ancora imperfetta e balbuziente l'aritmetica pratica, se non avesse la speditezza, e l'ajuto di tali cifre. Dov'è da avvertire, che non sono i segni, o le figure soltanto, che hannosi a considerare nelle cifre: è il facil uso, è lo spedito maneggio, e il chiaro e sicuro metodo di fare con esse le più difficili operazioni, che rende utile, pregievole, ed interessante la loro invenzione. La vastità, e la copia delle materie non ci permette di tessere qui una breve storia de' segni numerali degli antichi, la quale, benchè non inopportuna al presente trattato, potrebbe nondimeno parere più filologica che matematica; e l'abbiamo già assai ampiamente distesa dal Beveregio (*b*), e da altri, sebbene forse si potrebbe ancor ag-

Cifre numerali venuteci dagli arabi.

(a) *Summ. d'Aritm. e di Geom.* (b) *Arithm. chronol.* lib. I.

giungere a' lor trattati qualche notizia, e qualche non inutile riflessione.

Verremo dunque dirittamente alle cifre, da noi ora chiamate arabiche, che deono più interessare la curiosità de' matematici. Noi abbiamo parlato altrove con tanta diffusione di questo punto *(a)*, e tante ragioni, e tanti monumenti abbiamo addotti, per provare, che le cifre sono venute dagl'indiani, e per mezzo degli arabi trasmesse agli europei, che oziosa cosa sarebbe il ritornare ora su questa materia, se non fossero quasi contemporaneamente alla nostra stampa usciti a sostenere un'origine diversa di quelle cifre due celebri scrittori, il Villoison *(b)*, e l'Adler *(c)*, e non fossero stati lodati, e seguiti da altri. Tutto il fondamento di questi scrittori s'appoggia agli argomenti della *Dissertazione matematico-critica* d'un anonimo, stampata nella *Raccolta calogeriana*, in Venezia 1753 *(d)*; ed è da far maraviglia come ragioni sì deboli, e talor anche false abbiano potuto indurre uomini veramente eruditi ad una sì decisa asseverazione. Nelle sigle lapidarie, e nelle note librarie, dice l'anonimo, adoperavano gli antichi quelle cifre. Sì; ma basta leggere Valerio Probo, e i molti antichi, che per sette e più secoli scrissero intorno all'interpretazione delle note romane, i quali si riportano nella *Raccolta de' gramatici latini* del Gotofredo; basta leggere il Nicolai, l'Orsato, e gli altri moderni, che spiegano le sigle lapidarie degli antichi, per conchiudere, che non può ragionevolmente addursi a questo proposito l'esempio delle note lapidarie e librarie: si usano bensì i segni 3, 7, 9, e altri de' nostri numerali per molti e diversissimi significati, ma non mai per segnare i numeri. Anzi dove si

(a) Tom. I, c. x. (b) *Anecd. gr.* ec. p. 152. ec.

(c) *Mus. Cuf. Borg.* p. 37 ec. (d) *Racc. d'Opusc.* ec. tom. XLVIII.

parla delle note numerali si riportano le solite lettere romane, con altri segni, che poi altro non sono che alterazioni di quelle lettere, ma non mai le cifre volgari; e non la mera apparenza e figura, ma l'applicazione e l'uso ricercasi per poter dare a tali cifre la romana cittadinanza. Anche gli arabi avevano nel loro alfabeto ϛϡ, nella *nunnazione* 69, e parecchie altre lettere somigliantissime alle cifre; pur non per quella somiglianza, ma solo per l'uso posteriore della pratica aritmetica deriviamo noi dagli arabi le cifre numerali. Che se l'erudito anonimo riporta alcune iscrizioni, nelle quali il 7 sembra prendersi per un numero, oltre che tutte soffrono qualche eccezione, onde poter rigettare la loro autorità, si può dire fondatamente altro non essere quel segno che l'V latino malamente formato, secondo l'uso pur troppo assai comune degli incisori di sconciare molti caratteri. All'argomento dell'uso di tali cifre nelle note romane aggiunge l'anonimo quello della cognizione delle medesime negli antichi aritmetici, ma colla medesima insussistenza, e senza maggiore apparenza di verità. Cita egli Diofanto (*a*) come non ignaro di tali note, mentre poco prima (*b*) l'aveva citato come chi non ne avesse mai avuto il menomo sentore. Cita (*c*) tutti i passi dell'aritmetica di Boezio, dove vediamo le cifre nelle stampe e ne' recenti codici, quasi che queste abbiano tanta connessione colle operazioni fatte da lui, che sarebbe affatto impossibile il pretendere separarle: ma chiunque vorrà fare la prova di eseguire senza cifre co' numeri romani le medesime operazioni, vedrà quanto facilmente si può superare l'immaginato impossibile. Al passo della geometría dello stesso Boezio, da lui anche riferito, abbiamo di sopra rispo-

(a) Pag 70. (b) Pag. 54. (c) Pag. 47.

sto abbastanza, nè vogliamo dar nuova noja a' lettori col ritornare su le cose già dette. Più lungamente parleremo ora di Gerberto, citato anch'esso poco opportunamente dall'erudito anonimo come conoscitore delle cifre numeriche, e come seguace in questa parte di Boezio, non degli arabi. Ma è egli poi vero, che Gerberto conoscesse le cifre, e la nostra aritmetica? Io ho lette tutte le lettere, e le opere matematiche edite di Gerberto, e non ve ne scorgo verun indizio. La premura, con cui l'imperadore Ottone lo prega di volergli insegnare il libro dell'aritmetica, potrà forse far credere, che Gerberto ne avesse una superiore a quella, che allor conoscevasi, e che questa fosse l'arabica. Ma io rifletto nella sua risposta *(a)*, che Ottone non faceva sì viva richiesta, se non perchè aveva alcuni pregiudizj su la supposta forza de' numeri. L'unico tratto, che si suole citare a questo proposito, è la lettera CLXI di Gerberto a Costantino, perchè in essa dice, che un medesimo numero or è semplice, or composto, or dito, or articolo. Ma è da osservarsi, ciò che non vedo riflettuto nè da' matematici, nè da' critici, che tale lettera riportata fra le gerberziane è quella medesima affatto, che si ritrova nelle opere di Beda al principio del libro *De numerorum divisione ad Constantinum*; nè io voglio decidere se sia da riporsi fra le opere di Gerberto, ovver fra quelle di Beda; ma dico bensì, che se nessuno in tanti secoli ha mai pensato d'attribuire a Beda la cognizione delle cifre per le espressioni di quella lettera, perchè si vorrà dare alle medesime tanta forza nella penna di Gerberto? Noi abbiamo detto di sopra, parlando del passo della geometria di Boezio, in qual guisa uno stesso numero diventi or articolo,

(a) Ep. CLIV.

or dìto, senza che vi entrino per niente le cifre: e come mai potranno queste far diventare or semplice, or composto un numero, che non lo sia ugualmente in caratteri romani, e in qualunque altri? Più può provare al presente argomento il passo di Guglielmo di Malesbury (*a*), dove dice le molte cognizioni, che acquistò Gerberto nella Spagna, e riportò nelle Gallie, una delle quali era l'abaco, rapito da lui a' saraceni, con certe regole, che facevano sudare gli abachisti. Forse quest'abaco, e queste regole saranno state le cifre, e l'aritmetica arabica ciò che per altro non ardisco decidere: ma se così è realmente, chi non vede, che queste gli vennero dagli arabi, non da Boezio? Ma egli stesso ci dice (*b*), osserva l'anonimo (*c*), che segue nell'aritmetica Boezio, non già i saraceni. E perchè mai lasciarsi condurre sì ciecamente dall'amore della propria opinione, e far dire agli autori ciò ch'essi non pensarono mai di dire? Gerberto in tutto quel passo altro non dice, se non che la geometría occupa il terzo luogo nell'ordine delle matematiche; ma ch'egli non darà la ragione di quest'ordine delle matematiche, perchè già Boezio nel principio della sua aritmetica l'aveva spiegata assai chiaramente. Come dunque da questo passo sì lontano dal nostro argomento si potrà mai conchiudere, che Gerberto per le cifre numerali *Boethium, non vero arabas magistros esse secutum?* Nòn asserirò, che Gerberto conoscesse, e insegnasse agli europei la nostra aritmetica, come si dice comunemente; ma dirò bensì, che se così fu in realtà, egli certamente la imparò dagli arabi, o dagli spagnuoli loro discepoli. Non seguirò a confutare le sviste, e gli equivoci, in cui cadde l'anonimo, e fece cadere il Villoison, e l'Adler, che quasi ogni

---

(a) *Hist. Angl.* lib. II. (b) *Geom.* in praef. (c) Pag. 84.

sua parola ciecamente abbracciarono, ma conchiuderò soltanto, che possiamo con tutta giustizia lasciare agli arabi il merito d'averci comunicate le cifre numerali, che sì comode riescono per le aritmetiche operazioni, e possiamo anche con uguale diritto conservare agli indiani l'onore dell'invenzione delle medesime, che loro abbiamo accordato (*a*) coll'autorità degli stessi arabi, de' greci, e de' latini. Resta finalmente per terminare questo discorso, che potrà sembrar troppo lungo, il fissare il tempo, in cui cominciarono gli arabi ad usar tali cifre.

Epoca dell' introduzione di tali cifre presso gli arabi.

L'Adler (*b*) dice, che si vuole comunemente, che gli arabi le prendessero nelle guerre cogli indiani nel secolo undecimo; ma ch'egli crede, che da una moneta del museo borgiano, dove legge le cifre 585, ovvero 679, si possa con molta verisimiglianza determinare il tempo dell' introduzione presso gli arabi di quelle cifre, e che questo sia l'anno 1189, o 1280. Non so, a dire il vero, nè che volgarmente si determini tal epoca nel secolo undecimo, nè con quali monumenti o ragioni si possa ciò fare. Dirò bensì riguardo all'epoca da lui immaginata per la moneta borgiana, che nè vi si può leggere assolutamente ciò ch'egli vuole, ed egli stesso infatti è incerto se legger debba 585, ovver 679, e certamente in vista della stampa della moneta, dove probabilmente avrà fatto esprimere più chiaramente ciò che nel metallo sarà stato più oscuro, non vi si può leggere nè l'uno, nè l'altro; nè ancor leggendovisi realmente 585 o 679, corrisponde esattamente a' 1189 o 1280, com'egli dice (*c*), ed ancor quando così fosse, non però l'essere questa la prima moneta da lui veduta colle cifre numeriche può servire di

(a) Tom I, c. x. (b) *Mus. Cuf. Borgian.* ec. p. 37. (c) Pag. 73.

prova d'essere stata quella l'epoca dell'introduzione di tali cifre presso gli arabi. Chi non sa, che nelle monete, e ne' pubblici monumenti si seguono gli usi, e le formole stabilite e costanti, nè si ricevono facilmente le novità? Quanti secoli sono state usate fra noi ne' privati scritti le cifre arabiche, senza che mai s'adoperassero ne' diplomi, o ne' pubblici monumenti? Non ardirò di fissare con precisione il vero tempo dell'introduzione di tali cifre presso gli arabi; ma si potrà congetturare con qualche probabilità, che sino dal tempo d'Aroun Raschid, e molto più in quello d'Almamon, quando si intraprendevano spedizioni letterarie all'India per acquistare i lumi scientifici, che conservavano i bramani, quando si facevano traduzioni de' libri astronomici, e d'altri degli indiani, quando insomma avidamente s'abbracciava quanto poteva servire alla cultura, ed all'istruzione degli studiosi arabi, che allora appunto coll'astronomía, e con molte altre filosofiche cognizioni degli indiani s'acquistasse anche la lor aritmetica. Vediamo infatti, che Alkindi fino dallo stesso secolo nono scrisse già *Dell'Aritmetica indiana*, che nel seguente Almogetabi diede un trattato più diffuso *Dell'Arte de' numeri indiani*, ed altro Alkarabisi della *Maniera di conteggiare degli indiani*; che al principio dell'undecimo entrò già il celebre Alhassan a disviluppare, non solo la mera pratica di quell'aritmetica, ma i *principj* stessi eziandío *del conteggio degli indiani*; e che insomma era già assai comune a tutti gli arabi l'aritmetica indiana molto prima di tutte l'epoche accennate dall'Adler; e che giustamente possiamo riportare al secolo ottavo l'introduzione della medesima in quella studiosa nazione. Dagli arabi presero gli spagnuoli l'uso di quelle cifre; e il Terreros nella *Paleografia spagnuola* (*a*), ovvero il

Propagazione delle cifre arabiche.

(a) Pag. 102.

Burriel, che gliene somministrò i materiali, spiegando uno scritto del 1136 d'una traduzione di Tolommeo, riportato nella tavola XII, dice, che questo è uno degli scritti più antichi, in cui si scorgano le cifre numerali, le quali, soggiunge, si vedon in quasi tutti i manoscritti matematici di quell' età, ma non negli altri libri, o stromenti, e nè anche ne' conti stessi, ne' quali seguitavansi ad adoperare i numeri castigliani, ch'erano i romani, con picciolissimo cambiamento. Dagli arabi prese pure le stesse cifre Leonardo da Pisa alla fine del secolo duodecimo, e ne fece dotto uso nel pregievole suo codice esistente nella Magliabecchiana. Dagli arabi la riceverono anche i greci; e Massimo Planude scrisse un'opera per ispiegare l'arte d'usarle. Tutta l'Europa insomma dèe agli arabi il benefizio di queste cifre, che tanto utili, ed eziandío necessarie sono state a' progressi dell'aritmetica. Che avanzamenti poteva far questa inceppata col legame imbarazzante de' numeri romani, disadatti, come giustamente riflette l'Uezio (*a*), alle aritmetiche operazioni? Era mai da sperare, che giungesse a' sublimi calcoli, e alle complicatissime serie, che or fanno le delizie de' matematici, senza l'ajuto di tali cifre? Per mancanza di queste, dice il Vossio (*b*), non potevano i greci, nè i romani essere perfetti aritmetici; e se i nostri moderni sono pervenuti a tale perfezione, dobbiamo professare grata riconoscenza agli arabi, che ci hanno comunicato l'ajuto di quelle cifre. Questo solo merito de' saraceni dovrebbe bastare a rendere immortale il loro nome negli annali dell'aritmetica; ma essi n'ebbero altri parecchj, e con iscritti infiniti, con utili invenzioni, e in mille guise diverse illustrarono quella scienza. Abdulhamid Abulphadhl,

---

(a) *Dem. Evang.* prop. IV. (b) *De sc. math.* c. IX. *Addenda.*

oltre un libro della proprietà de' numeri, oltre un'opera di tutta l'aritmetica in sei tomi divisa, scrisse anche un libro delle ingegnose invenzioni aritmetiche, dove se ne vedono molte, che sono proprie de' suoi nazionali; ed egli stesso con questa opera rese benemerita la sua nazione non solo delle teoríe, ma anche della storia dell'aritmetica.

Greci moderni scrittori d'aritmetica.

Mentre gli arabi promovevano sì utilmente quella scienza, i greci si risvegliarono parimenti a coltivarla. Scrisse Psello dell'aritmetica nel secolo undecimo; ma con troppa superficialità. Scrisse nel decimoquarto Barlaamo con maggiore profondità, e il Wolfio trova i sei libri della sua logistica assai sublimi, e che riescono troppo superiori all'intelligenza de' lettori elementari. Scrisse, com'abbiamo detto, Massimo Planude dell'aritmetica, e spiegò a' greci le regole del conteggio colle cifre arabiche, o indiane; e scrissero di quelle materie parecchj altri greci, che possono vedersi presso il Fabrizio (*a*). Noi parleremo soltanto d'Emmanuele Moscopulo, autore della fine del secolo decimoquarto, o del principio del decimoquinto, non sapendosi se sia lo zio, o il nipote il Moscopulo, di cui ora parliamo, scrittore dell'opera aritmetica de' *Quadrati magici*, che si conserva manoscritta nella R. Biblioteca di Parigi. A lui dobbiamo l'invenzione, o almen la prima notizia del *quadrato magico*; invenzione certamente curiosa, ed anche utile all'aritmetica per le varie combinazioni de' numeri, che ha fatto scoprire. Tutti i numeri, che compongono un quadrato, v. g. 1, 2, 3 ec. fino a 25, se sono disposti in progressione aritmetica, formano un *quadrato naturale*; ma quel quadrato diventa *magico*, se que' numeri s'iscrivono in tal ordine, e si combinano in tale

Quadrati magici.

(a) *Bibl. gr.* lib. IV, c. XXII.

metodo, che sommandosi i numeri di ciascuno di tutti i lati, sì orizzontali, e verticali, che diagonali, da ognuno ne risulti la stessa somma. Il primo autore, che sappiamo aver parlato di tali quadrati, detti *magici* non tanto per questa loro aritmetica o magica proprietà, quanto per l'uso, che se ne faceva ne' talismani, è questo Moscopulo nel citato codice parisiense, esaminato dal la Hire, ed ei ci presenta, benchè solo ne' numeri dispari, due metodi di formarli, dal medesimo la Hire spiegati (*a*), e stimati giusti bensì, ed ingegnosi, ma ristretti soltanto a due casi particolari de' metodi da lui proposti nella sesta e nella decima proposizione della sua prima dissertazione. Questi quadrati furono poi adoperati praticamente; e l'Agrippa ne formò de' quadrati de' sette numeri, che sono dal 3 fino al 9, per applicarli a' pianeti. Il dotto aritmetico Bachet di Meziriac avendo veduti i quadrati dell'Agrippa, e non trovando in nessun autore regole per formarne de' simili, ne propose una per i numeri dispari (*b*), ma non seppe ritrovarla pe' pari; e il suo metodo non è altro che il primo de' due di Moscopulo, ma non tanto semplice. Celebre si rese anche in questo punto di numeriche combinazioni l'ingegnoso Frenicle, che tanto nome si era fatto per tant'altre sue scoperte aritmetiche; e diede metodi pe' quadrati di radice dispari e pari, e insegnò a variarli in infinite guise di più, che gli altri non avevano immaginato, e ardì felicemente a disporli in modo, che alcuni, ancor tagliati uno, o più contorni de' lati orizzontali e verticali, restino sempre magici, ed altri all'incontro lascino d'essere tali, qualor si voglia levare uno o più contorni qualunque sieno presi a capriccio; e mostrò il suo ingegno, e

(a) *Ac. des Sc.* an. 1705. (b) *Probl. plaisans.*

la somma sua perizia numerale nell'accrescere le circostanze de' quadrati, e perciò le difficoltà, e nel superarle gloriosamente (*a*). Mentre facevano strepito in Francia i quadrati magici, il de la Loubere, che tante cognizioni degl'indiani trasmise all'Europa, vi portò anche un loro metodo di formare i quadrati magici, non molto dissimile del primo di Moscopulo, e ne diede anche un'ingegnosa, ma difficile dimostrazione (*b*). Al principio di questo secolo il fiammingo Poignard pubblicò un trattato di questi quadrati, che volle chiamare *sublimi*, dove spiegò mille ingegnose e piacevoli novità. In vece di prendere tutti i numeri della serie de' numeri naturali, che empissero un quadrato, come fin allor s'era fatto, egli prende solamente tanti numeri consecutivi, quante sono le caselle di ciascun lato, e questi li colloca in modo, che niuno sia messo due volte in un lato, e pur facciano tutti i lati la stessa somma. In vece di prendere i numeri in progressione aritmetica solamente, li prende in progressione geometrica, ed in armonica, e forma in tutte diverse sorti d'ingegnosi quadrati. Venne finalmente il la Hire, e in due dissertazioni lette nell'Accademia delle scienze avanzò di gran lunga su le scoperte del Frenicle, e del Poignard; propose tanti metodi, non solo pe' quadrati dispari, ma anche pe' pari, e ne diede sì sode ed ingegnose dimostrazioni, cambiò in tante guise tutti i quadrati, gli ornò di tante circostanze, gli inceppò côn tante difficoltà, li formò con tanta speditezza e sicurezza, e diede tante soluzioni d'un problema, di cui sarebbe stato assai glorioso il trovarne una sola, che sembrò non lasciare più campo agli altri aritmetici da sbizzarrirsi in questa materia. Pure anche nel 1710

(a) Anc. *Mém. de l'Acad. des Sc.* l. v.

(b) V. la Hire *Mém.* ec. *Ac. des Sc.* an. 1705.

propose il Sauveur nella medesima Accademia nuove scoperte per tali quadrati: per generalizzarli di più li fece non in numeri, ma in lettere; formò quadrati per *analogia*, per *reciprocazione*, per *eccedenti*, per *mancanti:* li tagliò non solo in contorno, ma in croce, e in altre maniere; diede formole algebriche per tutti que' che n'erano capaci; nè contento di tanti quadrati, fece anche de' cubi magici; e il Fontenelle nella storia di quell'anno si lusingava, che questi sarebbe stato l'ultimo a parlare d'una materia, che gli pareva già esausta, e non molto interessante, e di cui egli, a dir vero, ci sembra esser già infastidito, come noi temiamo lo sieno parimente i nostri lettori. Ma s'ingannò il Fontenelle, e anche posteriormente nel 1750 presentò il d'Ons-en-Bray un'altra memoria, nella quale propose un metodo, non già d'accrescere nuove condizioni a' quadrati, e quindi nuove difficoltà, ma bensì di semplificare la soluzione del problema, lasciandone sussistere le condizioni, di cui gli altri l'avevano caricato. Varj altri oltre gli or nominati hanno trattato eziandío di tali quadrati: ma il fin qui detto potra bastare per far vedere in quanto pregio abbiano tenuta i valenti aritmetici l'invenzione del greco Moscopulo: se questa non ha portato alcun sodo vantaggio, nè profittevol uso alle scienze, non è stata però disutile alle medesime. L'ingegno si aguzza, si apre la mente, si rafforza la fantasía con tante e sì sottili combinazioni di numeri, le scienze profittano delle nuove viste, che queste ricerche presentano, ed è sempre un onesto diletto, ed un lodevole intertenimento lo scoprire, benchè in materia sì sterile e secca, tante nuove, e talor piacevoli verità.

Aritmetici latini.

Prima anche de' greci incominciarono i latini ad abbracciare lo studio dell'aritmetica. Fino dal secolo decimo aveva

già scritto lo spagnuolo Giuseppe un libro della moltiplica, e della divisione de' numeri, molto ricercato da Gerberto (*a*), e da que' pochi, che allor potevano gustare tali materie. L'aritmetica si può forse dire lo studio, che più coltivò Gerberto. Egli ne parla spesso nelle sue lettere, e se ne mostra assai pratico nell'altre opere matematiche: egli, secondo il sopraccitato testimonio di Guglielmo di Malesbury, fra tutti gli acquisti scientifici ottenuti nella Spagna faceva valere principalmente quello delle regole dell'abaco, e del conteggio; e la sua aritmetica era tenuta in sì alta stima, che l'imperadore Ottone credeva già di poter gareggiare col vivace ingegno de' greci sol che giungesse a conseguir da Gerberto d'essere in quella istruito. Ma nè di Gerberto, nè degli spagnuoli suoi maestri, nè d'alcun altro europeo di que' tempi non più esiste veruno scritto su la scienza numerale, che sia venuto a pubblica luce. Il primo scrittore, di cui conservinsi monumenti, è il celebre Leonardo Fibonacci da Pisa, di cui abbiamo ancora il prezioso codice intitolato *Liber abaci*, tante volte citato. Questo pisano condotto in Africa da suo padre verso la fine del secolo duodecimo, impiegato in una dogana, si dedicò attentamente ad imparare dagli arabi l'aritmetica indiana, da noi detta arabica, alla quale sopra la greca, sopra la romana, e sopra tutte le altre dava la preferenza; e dopo alcuni anni, nel 1202, mise fuori quest' opera, che può risguardarsi come magistrale in quella materia, e nella quale spiega eziandío l'aritmetica algebraica. Nè fu questa la sola opera di Leonardo su l'arte di conteggiare; poichè da un grosso codice in foglio esistente nella biblioteca dello Spedale di santa Maria Nuova di Firenze rilevasi

Gerberto.

Leonardo pisano.

(a) *Ep. ad Ger. Aur.*

aver egli altresì composto un *Trattato sopra i numeri quadrati*, che viene copiato nel libro xvI di quel codice (*a*): del quale trattato parla eziandío con molta lode Luca Pacioli (*b*). Benchè grande sia stato il merito di Leonardo nell'aritmetica, e per alcuni riguardi superiore a tutti gli altri, sono stati nondimeno conosciuti più universalmente da' matematici Giordano Nemorario, e Giovanni di Sacrobosco, autori anch'essi del principio del secolo decimoterzo. L'aritmetica di Giordano conservò il suo credito eziandío presso i posteri più illuminati; poichè noi vediamo, che il dotto Regiomontano, giudice il più autorevole in queste materie, voleva dare alle stampe le sue opere aritmetiche (*c*), che poi infatti Giacomo Fabro pubblicò, ed illustrò i suoi *Elementi aritmetici*, e che il Clavio, e altri matematici ne fecero uso, e li citarono con istima. Giovanni di Sacrobosco, più conosciuto pel trattato della *Sfera*, scrisse anche dell'aritmetica; e tanto con questa sua opera, come con quella della sfera contribuì più di tutti a propagare l'uso delle cifre, e dell'aritmetica arabica. Così da per tutto si spargevano i lumi di quella scienza, le cognizioni de' numeri si rendevano più comuni, e prendevasi più possesso dell'arte di maneggiarli. Noi lo vediamo nella Toscana, dove si tenne sempre viva e feconda la dottrina di Leonardo; e al principio del secolo decimoquarto fiorì con singolar nome di sapere aritmetico Paolo de' Dagomari, del quale dice Filippo Villani, che fu *peritissimo aritmetico, e nell' equazioni tutti gli antichi e moderni passò*, e il Ximenez crede per varie ragioni (*d*), che sia il medesimo Paolo, che per la sua perizia nell'arte di numerare venne distinto col sopranno-

Giordano Nemorario.

Giovanni di Sacrobosco.

Paolo dell' Abaco.

(a) V. Targioni *Viag. Tosc.* t. II. (b) *Somma* ec. distinct. I, tract. IV, art. vI.

(c) Gassend. in *Vita Regiomont.* ex ejus Catalogo.

(d) *Del gnom. fior. Introd. stor.* par. II, §. 6.

me *dell'abaco*. Nel seguente secolo scrisse un anonimo il grossissimo codice sopraccitato, intitolato *Trattato dell'abaco*, conservato fra' codici del detto Spedale di Firenze, dove seguendo la dottrina di Leonardo tratta questa materia copiosamente (*a*): fiorì un Benedetto, lodato dal Verino nella sua *Illustrazione di Firenze* come maestro universale di conteggiare; e finalmente Luca Pacioli di Borgo san Sepolcro scrisse la prima opera d'aritmetica, che siasi data alle stampe, cioè la sua *Somma d'aritmetica, geometria, proporzioni, e proporzionalità*, nella quale, dice il Targioni (*b*), si fece bello coll' opera di Leonardo, e nella quale certamente, checchè di ciò sia, ridusse a maggior brevità le operazioni aritmetiche del detto Leonardo, del Nemorario, del Sacrobosco, e d'altri maestri da lui stesso lodati, ed insegnò non solo le regole aritmetiche, ma eziandío le algebraiche. Allora incominciò ad essere conosciuta, e stimata l'algebra, la quale era tutta numerica, creata può dirsi in ajuto dell'aritmetica, ed obbligata al suo servigio. E allora infatti col ministero, e soccorso dell'algebra crebbe di molto l'aritmetica, e s'innalzò a sublimi e difficili operazioni, cui prima certo non sarebbe mai giunta. Tutte le scienze sono fra loro unite con vincoli di fratellanza, nè può promoversi una senza che tutte se ne risentano, e godano qualche vantaggio. Dalla cultura dell'algebra trasse molto utile l'aritmetica, e questa dèe riguardare i Tartaglia, i Cardani, e gli altri algebristi come veri suoi benefattori. L'amore del grecismo, e dell'antichità le tornò anche a profitto: col ricercare, e studiare gli antichi greci si fecero traduzioni, illustrazioni, e comenti d'Euclide, d'Archimede, e di Diofanto, e con quelle di nuovi lumi s'arricchì l'aritmetica.

Luca Pacioli.

Altri scrittori d'aritmetica.

(a) Targ. ivi. (b) Ivi.

Lo studio degli astri era il favorito de' matematici di que' tempi, come l'è stato quasi di tutti; e questo studio fece bene eziandío all'aritmetica; poichè la vana astrología si occupava pe' suoi pronostici in gran calcoli, e in diverse combinazioni de' numeri, e produceva in tal guisa non piccioli avanzamenti delle numeriche cognizioni; e la vera astronomía, necessitosa ad ogni passo di gran possesso de' numeri, ne promoveva molto lo studio; e l'aritmetica delle frazioni decimali è nata, o almeno cresciuta per l'influenza degli astri colla cultura degli astronomi, singolarmente del Regiomontano. Così col promoversi le altre scienze avanzava sempre l'aritmetica, e tutte crescevano col mutuo fomento, e col vicendevole ajuto acquistavano nuovo vigore. Allora infatti lo Stifels, il Pelletier, il Maurolico, il Clavio, il Vieta, e mille altri scrissero dell'arte di conteggiare con lumi molto più giusti, e più fini, che quanti gli avevano preceduti.

Invenzione de' logaritmi.

Ma l'invenzione, che è stata più gloriosa all'aritmetica, e il maggiore regalo, che ha fatto questa all'altre scienze, è dovuta sul principio del secolo passato allo scozzese Neper, inventore de' *logaritmi*, co' quali ha reso immortale il suo nome, ed ha ottenuto d'essere riposto fra' benemeriti delle scienze e dell'umanità. La geometría, la meccanica, l'astronomía, e tutte le scienze deono professare all'invenzione del Neper la più grata riconoscenza. Nell'ardore, che s'era eccitato ne' secoli decimoquinto e decimosesto d'avanzare in ogni genere di cognizioni, non si poteva stare alla lentezza delle aritmetiche operazioni allor conosciute, e faceva d'uopo di metodi più facili, più sicuri, e più pronti: le ricerche diventando più profonde, e più dilicate, abbisognavano di calcoli numerali troppo lunghi; e questi rubavano tutto il tempo, che doveva impiegarsi in portare avanti le intraprese

speculazioni. Pieno era ogni cosa di sottese, di tangenti, di seni, e d'altre linee, che non potevano misurarsi con esattezza, nè determinarsi con giustezza, e con verità senza discendere a lunghe frazioni decimali, senza entrare in difficili proporzioni, senza immergersi in intricatissime operazioni, bisognava moltiplicare, e dividere molti numeri per molt'altri, bisognava consumar lungo tempo, e nojose fatiche, e restar nondimeno sposti a prender errore. Quali grazie dunque non dovremo rendere al Neper, che ci ha procurato il mezzo di schivar tanti inciampi, e pervenire allo stesso fine con brevità, sicurezza, e facilità? L'idea di due linee percorse con diverse velocità, variabile l'una, l'altra uniforme, e delle relazioni e ragioni, che fra quelle linee ritrovansi, gli fece nascere il pensiero di formare due tavole di numeri in proporzioni, geometrica l'una, e l'altra aritmetica, e di sostituire alle moltipliche, e divisioni de' numeri, per così dire, geometrici la somma, e la sottrazione degli aritmetici, facendo trovare con queste lo stesso numero, che si doveva prima cercare colla moltiplica, e divisione de' numeri geometrici, e quindi pensò applicarle alle trigonometriche operazioni. In questa guisa è tanto più agevole il ritrovare i richiesti numeri della moltiplica, della divisione, dell'estrazione di radici, della formazione di potestà, e di qualunque operazione, quanto è più facile, breve, e sicuro l'operare in somme e sottrazioni, che in moltipliche e divisioni, in numeri bassi, quali saranno sempre rispettivamente gli aritmetici, che in alti, quali i geometrici. Nè solo l'aritmetica ottiene da' logaritmi agevolezza e facilità, ma la geometría, e singolarmente la trigonometría, e quindi tutte le scienze esatte ricavano da quell'invenzione sommi vantaggi; anzi il primo e principale uso de' logaritmi fu cercato dal Neper per le operazioni tri-

gonometriche. Dato un arco di circolo, ed anche d'altre curve di tanti gradi e minuti, le sottese, i seni, le tangenti, le secanti, le aree, come pur l'arco, dato il seno ec., si determinano facilmente colle tavole logaritmiche; mentre prima d'avere tale ajuto esigevano immense fatiche. A questo fine sono da serbarsi molti riguardi nella formazione di tali tavole: d'uopo è cercare in ciascuna qual principio, e qual progressione s'abbia da prendere; d'uopo è vedere a chi corrisponda lo zero, e quale numero debba darsi a ciascun logaritmo. Per essergli sfuggiti questi riguardi non riuscì il Neper nella formazione delle sue tavole colla bramata felicità. Egli stesso fu il primo a riconoscere gl'inconvenienti, che risultavano da quella forma, e pensò tosto alla correzione, dandone altra a' suoi logaritmi, come propose in un'opera postuma pubblicata da suo figlio. Il metodo proposto dal Neper fu felicemente eseguito dal Briggs, suo dotto allievo, il quale nell'opera intitolata *Arithmetica logarithmica* pubblicò una lunghissima tavola de' logaritmi de' numeri naturali, e ne incominciò un'altra di que' de' seni, e delle tangenti per tutti i gradi, e centesime de' gradi del quarto di circolo, la quale fu poi terminata, e pubblicata dal Gellibrand. L'olandese Ulacq recò ancora maggiore perfezione, e diede maggiore finezza alle tavole del Neper, e del Briggs; e dietro a lui molt'altri geometri, ed aritmetici hanno lavorato, e tuttora lavorano in costruire tavole logaritmiche più e più esatte, e complete, di più usi, e di maggiore facilità. Oltre l'invenzione de' logaritmi dobbiamo altresì al Neper il ritrovato d'una macchinetta, da lui proposta nella sua *Rabdologia*, e che può vedersi in molti libri aritmetici, fra gli altri nel Wolfio (a), colla quale per mezzo di certe bacchette, o lami-

Rabdologia.

(a) *Elem. ar.* c. 11.

nette ingegnosamente combinate presenta alla vista qualunque moltiplica, e divisione, senza fatica del calcolatore. Questa macchina con qualche miglioramento per la fermezza delle bacchette, e per la distinzione de' numeri fu nel 1730 presentata dal Roussain all'Accademia delle Scienze (*a*). Coll' ardore, che s'eccitò nel passato secolo, di promovere gli avanzamenti dell'aritmetica, si pensò anche a cercare mezzi di facilitarne le operazioni, e ad arricchire con nuovi ritrovati l'aritmetica istrumentale. Altra macchina inventò il Pascal dopo il Neper d'uso più universale, ma troppo complicata e composta per poter essere di qualche utilità. Altra più semplice ne presentò alla R. Società di Londra nel 1673 il Leibnitz, di cui egli stesso ci parla con compiacenza, e cita l'approvazione, che ottenne dallo Tschirnaus, dall'Ugenio, e da altri (*b*); ma che era rimasta ugualmente abbandonata e negletta; se non che, come dice il Dutens (*c*), fu in questi anni addietro rimessa in uso dal Kæstner. Altra macchina aveva inventata il Moreland, di cui egli fin dal 1666 diede la descrizione: altre sono state in questo secolo presentate all'Accademia delle Scienze dall'Epine, e dal Boitissendeau, ed altre inventate da altri; ma tutte sono cadute in abbandono, e giaciono polverose, ed inutili, nè l'aritmetica istrumentale ha mai potuto venire in qualche riputazione. Sono troppo nobili, ed alte le matematiche per volersi servire di tali mezzi, lasciano questi giuochi di mano a' fanciulli, ed esigono ne' loro cultori intensione di mente, e forza d'immaginazione. Più onore fece al Pascal l'invenzione del suo triangolo aritmetico, nel quale segnando alla punta un numero

Pascal.

(a) *Hist. de l'Acad. des sc.* an. 1730.

(b) *Op. Leibn.* tom. II *Brev. descr.* ec.

(c) *Op. Leibn.* tom. cit. *Praef.*

a piacimento, si formano successivamente tutti i numeri figurati; si determinano le ragioni, che fra loro hanno i numeri di due qualunque caselle, e le differenti somme che dall'addizione de' numeri d'una stessa fila risultano, e se ne fanno poi varie applicazioni. Contemporaneamente al Pascal lavorava il Fermat intorno a' numeri figurati, e vi scopriva molte bellissime proprietà, di cui il geometrico suo genio sapeva trarre profitto; s'applicava alla contemplazione de' numeri *primi*, cioè di que', che non possono dividersi in altri numeri intieri, e vi trovava sottilissimi e verissimi teoremi, che hanno chiamata l'attenzione dell'Eulero (*a*), del la Grange (*b*), e d'altri moderni; promoveva molto l'analisi numerica di Diofanto, messa prima in riputazione dal Bachet di Meziriac, come poi diremo più lungamente (*c*), e faceva onore all'aritmetica col suo nome, e colle sue scoperte. Al medesimo tempo fioriva in quella scienza il Frenicle, che si distinse singolarmente per la destrezza e maestría nel calcolo numerale. I quadrati magici, come di sopra abbiamo detto, occuparono molto la sua attenzione, e ne lasciò un lungo trattato, che se non è di vantaggio pel miglioramento delle scienze, avrà certo servíto a lui stesso per aprirgli la mente ad ogni maniera di numeriche combinazioni. Altro ne diede più utile intorno a' *triangoli rettangoli in numeri*, ed altro d'un'*abbreviazione delle combinazioni*, ne' quali generalmente d'ogni sorta di numeri, ma particolarmente de' figurati, si leggono curiose ed utili speculazioni. Non v'era a que' tempi problema su' numeri, di cui non si vedesse una soluzione del Frenicle, e questa della maggiore eleganza. Il Fermat, e il Cartesio fra lor opposti in tant'altri punti, in

Fermat.

Frenicle.

(a) *Ac. Petr. Nov. Comm.* tom. v. al.

(b) *Ac. de Berl.* t. xxxI, al. (c) Cap. III.

questo solo convenivano di lodare le soluzioni del Frenicle, e di preferirle spesse volte alle loro proprie: occupati, come dice il Condorcet (a), in disputarsi la superiorità ne' grandi soggetti, accordavano volentieri al Frenicle questa pruova di equità, che niente costava al loro amor proprio. Il *Metodo delle esclusioni* gli dava una facilità per la soluzione di tali problemi, che tenne sorpresi di maraviglia gli aritmetici, finchè coll'edizione di questo, e degli altri suoi trattati non si videro le vie, ch'egli s'aveva aperte, e che felicemente aveva seguite. Or sono usciti di moda questi problemi, e poco curansi tali teorie; ma noi all'osservare, che il Beguelin presenta sovente all'Accademia di Berlino i problemi numerici, su cui s'erano occupati il Bachet, il Fermat, e il Frenicle (b); al sentire sì spesso risonare i nomi di questi aritmetici nelle Accademie di Pietroburgo, e di Berlino nelle bocche dell'Eulero, e del la Grange (c); al vedere questi due sommi geometri de' nostri dì agitare con tanto ardore e con tanta assiduità le ricerche su' numeri primi ed intieri, su' divisori, e su' altri simili punti (d), non possiamo che fare plauso alle speculazioni del Frenicle, e del Fermat, e professare grata riconoscenza alle dotte loro fatiche. Mentre questi, ed altri celebri matematici si occupavano in simili teorie, altri pensavano a rovesciare tutto il sistema dell'aritmetica, e formarne altri affatto diversi. Il Weigel osservando, che i pittagorici avevano tenuto in particolar conto la *tetracti*, o sia il quadernario, s'immaginò, che fosse questa un'aritmetica quadernaria, cioè un'aritmetica, che usasse solo il periodo di quattro, come noi usiamo quello di dieci, nè avesse più ca-

Aritmetica quaternaria.

(a) *Elog. de Frenicle.* (b) Tom. xxviii, xxxi, al.

(c) *Nov. Comm. Ac. Petr.* t. ii, al., *Acad. de Berl.* t. xxiv, xxviii, xxxi, al.

(d) *Acad. Petr. ibid.*; *Ac. de Berl.* tom. cit. xxvi, al.

ratteri che 1, 2, 3, 0, e credè di trovare sommi vantaggi in questo modo di numerare, onde volle sporne il metodo, e l'utilità in due opere su la *tetratti pittagorica*, pubblicate verso il 1670. Se il Weigel per una sognata imitazione de' pittagorici cercò di formare un'aritmetica *tetrattica*, o quadernaria, il Leibnitz studiatamente per avere più comodi nell'esame de' numeri inventò un'aritmetica del più breve e semplice periodo che possa darsi, qual è la *dyadica*, o binaria, che co' soli caratteri 1, e 0 può esprimere tutti i numeri. Questi hanno due sorti di proprietà; alcune essenziali, quale è, che i numeri dispari posti in serie, e sommati danno la serie naturale de' quadrati; altre accidentali, che dipendono da un'arbitraria istituzione, quale è per es., che in tutti i multipli di 9 le cifre, che gli esprimono unite insieme danno sempre 9, o un moltiplo di 9, ciò che provenendo unicamente dall'essere 9 il penultimo numero del periodo decuplo, istituito arbitrariamente, non è che una proprietà accidentale, ma che pure reca i suoi comodi all'aritmetica. Or di simili proprietà accidentali ne trovò il Leibnitz più nella sua aritmetica binaria, che nella nostra decimale, aggiungendo in olrre maggiore facilità per tutte le solite operazioni; e nel 1702 diede parte di questa sua invenzione all'Accademia delle Scienze, e poi in seguito di tutti i comodi, che credeva ne potessero risultare. Intanto il Lagny professore d'idrografia in Rochefort, senza essere consapevole della scoperta del Leibnitz, per togliere alcuni inconvenienti, che trovava ne' logaritmi, pensò anch'egli ad un'aritmetica binaria, colla quale le moltipliche, e le divisioni si fanno necessariamente per semplici addizioni, e sottrazioni, e, com'ei dice, le moltipliche, e le divisioni sono i *logaritmi naturali* (a). Il

(a) *Hist. de l'Ac. des sc.* an. 1703.

Dagincourt in una memoria sopra quest'aritmetica leibniziana fa vedere quanto sia maggiore l'agevolezza di trovare con essa le leggi delle progressioni, che con qualunque altra di più caratteri, o di più lungo periodo (*a*). Un'utilità dell'aritmetica binaria, a cui nè il Leibnitz, nè il Lagny, nè il Dagincourt non pensarono certamente, fu, che mandata dallo stesso Leibnitz al P. Bouvet nella Cina, parve opportuna per fare intendere gli antichissimi caratteri di Fohi, ch'erano già da molti secoli inintelligibili agli stessi cinesi, e che potevano con questa combinazione de' numeri ricevere qualche lume (*b*). Ma qualunque sieno i vantaggi di queste aritmetiche quadernaria e binaria, non bastano a compensare gli imbarazzi, che recherebbero colla moltiplicità de' caratteri, di cui avrebber bisogno per esprimere i numeri alquanto alti: anzi volendosi introdur qualche novità, in vece d'abbreviare il periodo de' numeri a 4, o 2, sarebbe molto più utile il prolungarlo a dodici, o sedici, che soffrono più divisioni in numeri intieri senza bisogno de' rotti. Ma troppo è difficile l'abbandonare gli antichi metodi adoperati da tutti generalmente, per riceverne altri nuovi immaginati da pochi, singolarmente dove il vantaggio non è patente, e può giustamente essere contrastato. Così le aritmetiche quadernaria e binaria non hanno trovati seguaci, che le abbracciassero, nè sarebbe da sperare, che ne trovassero di più, se si volessero introdurre la duodecimale o sedecimale, ancorchè dovessero avere più manifeste utilità.

Aritmetica degli infiniti del Wallis.

A più sublimi teoríe aritmetiche pensavano intanto i profondi inglesi. Non men che un'aritmetica degli infiniti ardì di formare il Wallis; le più lunghe e intricate serie di nu-

(a) *Misc. Ber.* t. I. (b) Leibn. *Ac. des sc.* an. 1703.

meri si riducevano alle giuste loro somme, e assoggettandosi alle leggi, che quella nuova aritmetica loro imponeva, lasciavano scoprire le vicendevoli loro ragioni; la frazione continua del Brounker, di cui tanti begli usi hanno mostrati l'Eulero (*a*), e il la Grange (*b*), è nata dall'aritmetica del Wallis; l'infinito stesso, e le inesplicabili serie de' numeri infiniti non isfuggivano le sue regole, e si lasciavano svolgere, e contemplare, quando erano nelle delicate mani del Mercator, del Barrow, e d'altri pochi diretti in qualche modo dalla dottrina del Wallis. Tutto quanto il conteggio, e calcolo, sia per via di cifre numerali, o di segni algebraici, sia definito e particolare, o indefinito ed universale, sia di ragioni di numeri a numeri, o di quantità a quantità, tutto abbracciò il gran Newton nella sua *Aritmetica universale:* egli ridusse in un corpo l'aritmetica e l'algebra per formare con esse un corpo perfetto dell'arte di calcolare, e diede così all' aritmetica la maggiore ampiezza e dignità, a cui potesse mai aspirare. Ma delle serie numerali, tanto vezzeggiate da' moderni matematici, e delle aritmetiche del Wallis, e del Newton, come di materie affatto algebraiche, parleremo nel seguente capo più lungamente. Per altra via eziandío si nobilitò verso la fine del passato secolo l'aritmetica applicandosi ad usi diversi, a cui prima non s'era mai accostata. Il Pascal (*c*), il Sauveur (*d*), e qualch'altro francese avevano già accennata qualch'applicazione dell'aritmetica alle combinazioni de' giuochi: l'Ugenio ne scrisse espressamente un trattato (*e*), dove cercò la maniera di ragionar giustamente ne' giuochi, che pur dipendono dall'azzardo piucchè dalla ragione. Il Leibnitz applicò anche il calcolo alla giurispruden-

Aritmetica universale del Newton.

Usi diversi dell'aritmetica.

Ne' giuochi.

Nella giurisprudenza.

(a) *Ac. Petr.* 1737. (b) *Ac de Berl.* tom XXIV. (c) *Triang. aritm.*
(d) V. Fonten. *Eloge de M.r Sauveur.* (e) *De ratioc. in ludis aleae.*

za ed alla morale, e determinò col suo mezzo l'usura, o il frutto del denaro, che in diverse circostanze può convenire (*a*). Il Petry ridusse a calcolo il numero degli abitanti d'una nazione, le derratte che deono consumare, i lavori che possono fare, la cultura de' terreni, la navigazione, il commercio, e quanto può interessare il governo pubblico, e diede nascita in questa guisa all'aritmetica politica. Così l'aritmetica si venne applicando ad ogni materia, e in breve tutte le questioni furono ridotte a questioni di mero calcolo. Ma questi non furono che leggieri tentativi de' grandi sforzi, che hanno fatto poi i più profondi matematici per innalzar la gran fabbrica dell'arte di congetturare, della dottrina della sorte, del calcolo della probabilità. Ma anche tutte queste materie, e probabilità, benchè nate, si può dire, sotto la giurisdizione dell'aritmetica, siccome dipendenti dalle numeriche combinazioni, vennero poi trasferite all'algebra, e sono rimaste soggette al suo dominio. Intanto le speculazioni aritmetiche erano riguardate con indifferenza da' matematici: questi consideravano come sterili le verità appartenenti a' numeri, e le lasciavano in abbandono, come poco degne delle loro meditazioni, secondo che ci attesta l'Eulero (*b*). Non mancarono nondimeno illustri matematici, che amassero d'intertenersi intorno a tali questioni, e facessero la loro corte all'aritmetica. Noi vediamo il Carré occupato in isviluppare una curiosa proprietà del numero 6, che prendendosi per divisore di tutti i numeri cubici, lascia in ciascuno un resto, che è la radice di quel cubo; e il la Hire con sottili ed ingegnose combinazioni trovare in tutti i numeri elevati a qualunque potenza la medesima proprietà (*c*). Noi vediamo il

Nella politica.

Moderni aritmetici.

(a) *De interus simpl. in Act. cr. Lyps.* an. 1683.

(b) *Ac. Petr. Nov. Comm.* t. I. (c) *Hist. de l'Ac. des sc.* an. 1704.

Krafft lavorare intorno a' moltipli del 7; nè contento della regola dataci dallo Stifels, e da Giovanni Krafft nel secolo decimosesto, proporne un'altra all'Accademia di Pietroburgo, la quale schivando gl'inconvenienti, che scopriva nell'antica, avesse maggiore chiarezza e semplicità *(a)*. Il medesimo Krafft trattò de' numeri *amichevoli*, di quelli cioè, il cui minore si forma colla somma de' numeri aliquoti del maggiore, come 220, e 284 *(b)*, e vi trovò ingegnose ed utili novità. Il Winsheim scrisse intorno a' numeri perfetti *(c)*. L'Hanschio propose a' matematici la teoría d'un'aritmetica, arricchita da lui con nuove invenzioni *(d)*. Il Goldbach espose un teorema risguardante i divisori de' numeri *(e)*, e il sopraccitato Krafft trattò questi assai più copiosamente. Il Kruger ne' suoi *Pensieri sull'algebra* ha pubblicate tavole de' numeri *primi*; il Lambert le ha poi accresciute. Il Moulieres presentò nel 1704 all'Accademia delle Scienze *(f)* un metodo per trovare i numeri *primi*; e il Rallier des Ourmes ne mandò alla medesima in questi anni un altro facile per iscoprire tutti quelli, che si contengono in un corso illimitato della serie de' dispari, e per distinguere al tempo stesso i divisori semplici da quelli che non lo sono *(g)*. Il Buffon *(h)*, il Lambert *(i)*, il Beguelin, il Bernoulli *(k)*, ed altri geometri di grido non si sono lasciati condurre dalla comune opinione, ed hanno abbracciate le numeriche speculazioni, cominciate a mettersi da altri in abbandono. Che più? I due oracoli delle moderne matematiche, l'Eulero *(l)*, e il la

---

(a) *Ac. Petr.* t. vII. (b) *Ac. Petr. Nov. Comm* t. II. (c) *Ac. Petr.* ibid.
(d) *Ep. ad Math. de theor.* etc. 1738. (e) *Act. Erud. Lyps. Suppl.* t. vI.
(f) *Hist de l'Ac.* 1705. (g) *Mém. de Math et de Phys., présent. à la R. Ac. des sc.* t. v.
(h) *Ac. des sc.* an. 1741. (i) *Act Helvat.* t. III. (k) *Ac. de Berl.* xxvII, xxvIII, al.
(l) *Ac. Petr.* tom. xIv, *Novi Comm*, t. I, II, Iv, al.

Grange (*a*), non solo non hanno sdegnato di rivolgere i loro pensieri a tali questioni, ma le hanno sì replicatamente agitate, e le hanno esaminate con tanto ardore, che sembra abbiano trovato in esse le maggiori loro delizie, ed hanno certo fatto vedere, che non guardavano le dottrine numerali come sterili verità, o come poco degne d'occupare la loro geometrica attenzione. Ma bisogna pur confessare, che anche questi argomenti, benche tutti versanti su' numeri, e pertanto affatto aritmetici, sono per la maggior parte trattati algebraicamente, e quasi tutti gli or accennati scritti, benchè da noi in questo capo citati, più all'algebra appartengono che all'aritmetica. L'algebra, che per tanti secoli non era stata che ministra e serva dell'aritmetica, s'è poi levata a fare da sè una scienza, ed ha soperchiata, per così dire, la sua principale e padrona: la facilità e speditezza, che presta pe' più sublimi calcoli, e per le più difficili operazioni, ha chiamata l'attenzione de' più nobili matematici: tutte le questioni spettanti a' numeri, che prima erano dell'ispezione dell'aritmetica, sono state condotte alla decisione dell'algebra; questa s'è arricchita del fondo stesso di quella, ed anche per migliorare l'aritmetica gli studj de' matematici si sono rivolti all'algebra. Noi dunque lasciando quella verremo ad esaminare l'origine, ed i progressi di questa.

(a) *A.. de Berl.* tom. xxix, xx, xl, al.

CAPITOLO III.

DELL' ALGEBRA.

L'algebra, riguardata prima come un metodo dell'aritmetica, e poi come un'aritmetica di segni applicabili a' numeri, o come un'aritmetica più universale, ed astratta, s'è quindi applicata, non men che a' numeri, alle grandezze, ed alle geometriche quantità, ed è divenuta una scienza media fra l'aritmetica e la geometría, e distinta dall'una e dall'altra, o per dir meglio, che comprende ed abbraccia tutte due. Il nome d'algebra viene dall'arabo أنجبار, che suona *restituzione*, od *unione in un intiero*; e molti perciò credono, che deggiasi prendere dagli arabi l'origine d'una scienza, a cui essi hanno dato il nome. Ma l'algebra riconosce un'origine assai più antica, e deriva dalla dotta Grecia la sua letteraria nobiltà. Gli arabi stessi spontaneamente gliela confermano; e l'opera *Degli aritmetici* di Diofanto è un incontrastabile monumento, che troppo si fa sentire a favore de' greci, per potersi loro contendere quest'onore. Ma a qual greco dovremo noi dare il vanto dell'invenzione di quella scienza? Fu egli Diofanto il creatore dell'algebra, o non fu che illustratore e propagatore della medesima, conosciuta già prima, ed adoperata dagli altri greci? Alcuni credono di vedere posti da Euclide (*a*) i fondamenti dell'algebra (*b*). Ma a dire il vero nè in Euclide, nè in verun altro greco anteriore a Diofanto non so rintracciare manifesti indizj di quella scienza, benchè forse ora, che noi abbiamo la testa algebraica, ci possa pa-

Origine dell' algebra.

Diofanto inventore dell' algebra.

(a) *Elemen.* lib. II, c. IX, prop. VI.
(b) Bettini Appiar. XI, c. II.

rere qualche rara loro dimostrazione regolata co' suoi principj; e Diofanto è il primo, che ci abbia data a conoscere l'algebra, e l'unico, a nostra notizia, che l'abbia trattata con estensione, e con maestría. Egli stesso ne parla in guisa, che sembra mostrare assai chiaramente d'essere stata sua invenzione la dottrina da lui proposta, e spiegata nella sua opera. Egli chiama tentativo, prova, conato suo la formazione di quel metodo per la soluzione de' problemi numerici: egli dice, che questo suo metodo riuscirà più difficile e laborioso per essere ancor affatto disconosciuto; egli entra a sporre le parole, di cui ha da usare, a formare definizioni delle cose, che ha da trattare, ed a spiegare minutamente le dottrine preliminari, come colui che va a parlare d'una scienza nuova, che non è ancor conosciuta da altri. Osservo in oltre, che nè Diofanto ne' moltissimi problemi, che si propone e scioglie, non cita mai verun altro matematico, che n'abbia cercata la soluzione; nè vedesi da' greci posteriori citato altro scrittore di tale scienza anteriore a Diofanto; nè gli arabi, che in questa parte possono avere tanto peso d'autorità, quanto gli stessi greci che ci sono rimasti, parlano d'altro greco algebrista che del solo Diofanto. E tutto questo m'induce a conchiudere, che sia stato realmente Diofanto il creatore dell'algebra, e che debba pertanto coronarsi di onore il suo nome con quello de' più illustri greci, de' più famosi inventori, de' più benemeriti delle scienze. Nessuna scienza è stata allo stesso tempo inventata e perfezionata, nè l'algebra poteva aspirare ad avere un sì lusinghevole privilegio, e venire nel suo bel nascere ad una matura perfezione. La dottrina di Diofanto versa soltanto sulle equazioni del primo grado; ma egli fa nondimeno conoscere qua e là, che sapeva anche la formola per quelle del secondo; anzi fin dal

principio promette (*a*) d'insegnare poi la maniera di sciorre i problemi, che sembrano appartenere alle equazioni del secondo grado. Ma qualunque sieno i problemi, ch'ei prende a risolvere, dèe certamente recar maraviglia l'accortezza e maestría con cui li maneggia, e l'ingegnosa applicazione, che fa dell'analisi algebraica per la loro risoluzione. Il metodo e l'arte di Diofanto di sfuggire i valori irrazionali pel mezzo di certe equazioni finte; la destrezza di risolvere equazioni semplici e doppie, e ancor più alte, ed altri bei ritrovati del greco algebrista, sono guardati con rispetto da' più dotti moderni, e giudicati degni d'essere non solo abbracciati, ma illustrati, e condotti a maggiore perfezione colle dotte loro fatiche. Noi abbiamo perduti molti libri di Diofanto; ma que', che si sono conservati, bastano a darci una ben vantaggiosa e gloriosa idea dell'acuto suo ingegno, e del profondo suo sapere (*). Questi altresì sono gli unici monumenti della dottrina algebraica de' greci antichi. La celebre ed infelice Ippazia, avvezza a maneggiare le più aspre spine della geometria e del calcolo, era la più opportuna per illustrare l'algebra, e le opere di Diofanto; ed ella infatti ne

---

(a) Lib. I, definiz. xI.

(*) Per non interrompere il corso della Storia daremo qui qualche leggiera idea delle parole e de' segni dell'algebra di Diofanto. Egli chiama (*Defin. II*) il quadrato *potenza*, o δύναμις, e lo segna col δ, aggiungendovi un υ in questa guisa δυ; così il cubo κ^{υ}, il quadrato-quadrato $\delta\delta^{\upsilon}$, ch'è δυναμοδύναμις, e il quadrato cubo $\delta\kappa^{\upsilon}$. Il numero, che non è che semplice numero, o, come or dicesi, prima potenza, viene chiamato *numero*, e segnato collo ς'; l'unità col μ aggiuntovi un *o*, $\overset{\circ}{\mu}$. Il *più* chiamasi ὕπαρξις, il *meno* λεῖψις; e segnasi il *meno* col ψ rovesciato, o sia ⋔; ma del *più* non si vede segno particolare. Nelle scienze, come in tutte le cose grandi, le più picciole antichità interessano la curiosità de' saggi e veri filosofi: ma la vastità della materia non ci permette di seguire distintamente ogni cosa.

fece un comentario, come sappiamo da Suida (*a*); ma anche questo prezioso monumento della greca algebra è da gran tempo perito, nè ci è rimasto verun vestigio, onde potere scorgere quale fosse la sua dottrina.

Arabi coltivatori dell' algebra.

Dopo Diofanto gli arabi sono gli unici, che debbano chiamare la nostra attenzione. Alcuni vogliono dare agli arabi, come abbiamo detto di sopra, la gloria dell'invenzione dell'algebra; e se vero è, come ingegnosamente dice il Fontenelle (*b*), che le scoperte appartengano a chi dà loro il nome, quanto diritto non potranno vantare gli arabi sopra quella scienza, che nello stesso suo nome si manifesra già arabica? Il Cardano infatti non dubita d'asserire (*c*), che quest'arte ricevè la sua nascita dall'arabo Moamad, figliuolo di Moisè, e ne cita in irrefragabile testimonio Leonardo pisano. Il Tartaglia parimente chiama senza esitanza inventore di tale scienza il citato Moamad (*d*). Altri presi soltanto dalla somiglianza del nome vogliono attribuire l'origine dell'algebra al medico e filosofo Giaber, o a Geber famoso astronomo di Siviglia. Il Wallis (*e*) crede bensì, che l'algebra sia stata già conosciuta e spiegata da' greci, ma che si possa nondimeno dare agli arabi la lode d'averla inventata da loro senza riceverla dalla Grecia. Perciocchè se fosse greca l'algebra arabica, greca parimente sarebbe la denominazione delle potenze; ma vediamo all'opposto, che il quadrato cubo, che presso Diofanto non è che il quadrato moltiplicato pel cubo, presso gli arabi è assai più alto, ed è il quadrato del cubo, o il cubo del quadrato; e così altri nomi in diverso senso si prendono dagli arabi da quello che avevano presso i greci: onde non crede il Wallis, che abbiano gli

(a) V. Υ'πατία. (b) *Elog.* (c) *Artis magn., seu De regul. alg.* cap. I.
(d) *Pref. all'Euclide.* (e) *Algebra.*

arabi ricevuta da' greci quella scienza, che tanto è diversa presso gli uni e gli altri nel significato delle parole. Qualunque forza possa avere la congettura del Wallis, dèe cedere a ragioni contrarie più forti, e al testimonio stesso degli arabi, più forte in questa parte, che tutte le ragioni. Gli arabi preser da' greci l'aritmetica, la geometría, l'astronomía, e tutte le parti delle matematiche, e solo avranno lasciata l'algebra, e si saranno presa la fatica di cercarla da loro stessi, mentre l'avevano ne' libri greci? E non sarà egli più forte ragione per conchiudere l'identità dell'origine dell' algebra arabica e della greca la somiglianza di molti nomi, che la dissomiglianza d'alcuni pochi per provarne una diversa? Anche Luca Pacioli, e gli altri primi algebristi europei avevano certi nomi di numeri *relati*, *pronici*, ed altri, non usati da' greci, nè dagli arabi, e non per questo si potrà mettere in dubbio, che non sia la loro algebra d'origine saracenica. Ma che serve il cercar congetture, mentre gli stessi arabi attestano d'averla ricevuta da' greci? „ Diofanto (si „ legge nella *Biblioteca arabica de' filosofi*) fece un'opera lo- „ datissima dell'arte algebraica, che è stata tradotta in ara- „ bo; e quanti poi hanno scritto d'algebra, tutti si sono le- „ vati su' fondamenti di lui „. Nella stessa guisa ne parla Abulfaragio nella sua storia; e generalmente tutti gli arabi onoratamente confessano dovere a Diofanto ed a' greci quest' utile scienza. Ma se quelli non diedero la nascita all'algebra, le recarono bensì molti avanzamenti, e la condussero a maggiore perfezione. Il primo, secondo il testimonio di Cazuineo presso il Casiri *(a)*, che insegnasse agli arabi quella scienza, fu Moamad ben Musa, o figliuolo di Mosè, nome

Moamad

(a) *Bibl.* ec. t. I, p. 37.

celebre eziandío presso i latini, chiamato da' primi europei, come abbiamo detto, inventore dell'algebra, e commendato particolarmente dal Cardano (*a*) come uno de' dodici più grandi ingegni, che fosser venuti al mondo. Discepolo di Moamad fu Thabit ben Corrah, il quale non solo scrisse di aritmetica, e d'algebra, ma diede anche un'opera di problemi algebraici da comprovarsi con geometriche dimostrazioni. Il Montucla (*b*) cita un codice di Omar ben Ibraim esistente nella biblioteca di Leyda, il quale portando il titolo d'*Algebra dell'equazioni cubiche*, mostra, che gli arabi fossero gloriosamente arrivati alle equazioni del terzo grado. Dell'algebra scrisse pure a que' tempi Ahmad Altajeb, discepolo del celebre Alkindi; dell'algebra il famoso calcolatore Ebn Albanna di Granata; dell'algebra scrissero Kosein, Jahia, Tejoddin, ed altri infiniti; e fu così universale il prurito di scriver d'algebra, che se ne composero anche poemi, trovandosene, a nostra notizia, uno d'Ibn Jasmin, sul quale esistono i comenti nella biblioteca bodlejana (*c*), ed altro d'un anonimo nella biblioteca dell'Escuriale (*d*). Noi più non godiamo, nè facciam conto de' lumi algebraici de' saraceni maestri: gli ulteriori avanzamenti procuratici da' moderni analisti ci fanno trascurare le arabiche cognizioni; ma dobbiam sempre professare grata riconoscenza a chi ci comunicò i primi lumi, e ci appianò le vie, onde poterci inoltrare a più grandi ed utili scoprimenti.

Thabit ben Corrah.

Altri arabi algebristi.

Dagli arabi passò nelle nostre scuole la scienza algebraica; ma noi non sappiamo quali sieno stati i primi europei, che fecero parte a' lor nazionali di sì pregievole dono. Forse quel Giuseppe Spagnuolo, la cui aritmetica tanto pregiava

Europei coltivatori dell' algebra.

(a) *De subt.* lib. XVI. (b) *Hist. des Math.* par. II, t. I, §. IX.

(c) Heilbronner *Hist. math.* p. 611. (d) Casiri t. I, p. 379.

Gerberto, avrà eziandío conosciuta l'aritmetica speciosa, come si suole anche chiamare l'algebra. Forse alcuni de' molti libri matematici dell'Archivio di Toledo, ne' quali, al dire del Terreros, o del Burriel (*a*), vedonsi adoperate le cifre arabiche, avranno anche trattata l'algebra arabica. Vi si vedevano certo tradotte in latino alcune opere di Tebith ben Corrah, il quale vien riguardato come uno de' padri di tale scienza. Forse Gerberto, che sì misteriosamente parla dell'aritmetica da lui appresa in Ispagna, avrà compreso sotto questo nome anche l'algebra. Forse Giovanni di Siviglia, forse .... Ma che serve l'andare in traccia d'inutili congetture, che non possono darci veruno schiarimento intorno a' progressi di quell'arte? Checchè sia stato di quegli antichi matematici, noi più non abbiamo verun monumento, nè sicuro indizio della lor algebra. Il primo europeo, di cui se ne sieno conservati, è Leonardo Fibonacci da Pisa nella sopraccitata sua opera dell'*Abaco*, nella quale tutto il capo XV della parte IX è di regole e proporzioni appartenenti a geometría, e di questioni d'algebra, e d'almuchabala, o sia *Introductoria algebrae, et Almuchabale*. Nel quale lungo capitolo, dice il Targioni (*b*), si serve Leonardo delle lettere *a*, *b*, *c* ec., e d'altri segni algebraici: e sebbene in quel poco, che ho potuto leggere di quel codice, nè vi ho veduti segni algebraici, nè credo, che le lettere *a*, *b*, *c* ec. vi sieno adoperate per altro che per segnare geometriche quantità, pure non dubito, ch'egli trattasse assai dottamente per quanto a que' tempi potevasi dell'algebra, e merita certamente la venerazione di tutti i posteri, come il primo loro maestro di quella scienza, che siasi conosciuto. Non ardi-

Leonardo da Pisa.

(a) *Paleogr. esp.* p. 102. (b) *Relaz. d'Alc. Viag.* ec. tom. II.

rò di collocare affermatamente fra gli algebristi il sopral-
lodato Paolo de' Dagomari, o dell'*Abaco:* il chiamarlo il
Villani superiore a tutti gli altri nelle equazioni, e il can-
tare di lui il Verino *Velox qui computat omnia signis,* non
basta per dargli, come vorrebbe il dotto Ximenez (*a*), la
lode d'algebrista; potendo intendersi il detto del Villani
non delle equazioni algebraiche, ma delle astronomiche, co-
me dice l'edizione italiana, e quel del Verino non de' segni
algebraici, ma de' numerali, i quali infatti sono que', che
egli loda come riportati dal Gange da questo Paolo. Ma di-
rò bensì, che verso la metà del secolo decimoquinto erano
già assai comuni le cognizioni algebraiche, non solo nell'Ita-
lia, ma nella Germania, e in altre nazioni; poichè il cele-
bre Regiomontano non solo se ne serve utilmente per risol-
vere varj problemi (*b*), ma proponendo un'equazione del se-
condo grado, dice semplicemente come di cosa niente nuo-
va, e ben conosciuta, *fiat secundum cognita artis praecepta,*
come osserva a questo proposito il Montucla (*c*). Questa ge-
nerale propagazione dell'algebra si può anche dedurre evi-
dentemente dalla stessa opera di Luca Pacioli, benchè la
prima su tale materia che sia venuta alla pubblica luce; poi-
chè in essa fin dal principio vediamo, che non solo era co-
nosciuta da qualche più erudito e profondo matematico, ma
perfin dal volgo veniva distinta, e con tre nomi diversi se-
gnata, ed or *arte maggiore*, or *regola della cosa*, or *algebra*
ed *almucabala* era appellata (*d*); e le sue regole si spongono
nel discorso del libro come cose comuni, senza veruna trac-
cia di novità, nè mai scorgesi nell'autore alcuna espressione

(a) *Del gnom. fior.*, *Intr.* (b) *De triangul.* lib. v.

(c) *Hist. des Math.* par. III, l. II, §. I. (d) Dist. VIII, *Praef.*

di vanto, o di compiacenza, come in colui, che creda di spacciare nuove dottrine non ancor conosciute da altri.

Ma checchè sia di questa pubblica propagazione dell'algebra, certo è, che la prima opera venuta alla luce contenente questa dottrina è stata la sopraccitata *Somma d'aritmetica, geometria, proporzioni, e proporzionalità* di Luca Pacioli dal Borgo di san Sepolcro. Tutta la distinzione ottava in sei lunghi trattati compresa versa intorno a quest'arte, detta da lui, qual è in realtà, *maxime necessaria alla pratica de aritmetica ed anche di geometria,* e spiega i suoi principj, e le sue regole, e forma, per così dire, un corso assai compiuto dell'algebra, quale a' suoi tempi si ritrovava. Egli non passa più oltre delle equazioni del secondo grado, ed anche per queste non considera che tre casi, pe' quali dà le sue regole, vere bensì, ma non abbastanza generali e compiute, che non abbracciano le radici negative, ma solo le positive. Il merito di Luca non fu che d'avere sposte alla pubblica cognizione le altrui scoperte, nè gli si può dare la gloria di averne da sè prodotta alcuna, e d'avere ampliato i confini della sua arte. Lo fece poco di poi Scipione del Ferro col ritrovare le equazioni del terzo grado, che Luca non sol credeva, ma apertamente asseriva, che non si potessero ritrovare; invenzione, che il Cardano magnifica colle più alte lodi, e chiama bella e maravigliosa, superiore ad ogni umana sottigliezza, e alla chiarezza d'ogni ingegno mortale (a). Quest'invenzione, comunicata secretamente dal Ferro ad Antonio Maria del Fiore, gli diede gran facilità per risolvere molti problemi fin allora creduti insolubili, e l'incoraggiò ad intimare al famoso Tartaglia una sfida aritmetica. Allora il Tartaglia

Luca Pacioli.

Scipione.

Tartaglia.

(a) *Art. magn.* cap. I.

spronato dall'emulazione, e dall'ardore di vincere in quella lizza, aguzzò il suo ingegno, ed inventò una regola per la soluzione di tali problemi, che aveva il pregio d'essere più generale, e di comprendere molti casi, a' quali non era applicabile quella di Scipione. Era uso di que' tempi il tenere celati i metodi ritrovati, per avere così un mezzo di sciogliere molti quesiti, di cui gli altri contendenti mancavano. Infatti anche il sopraccitato del Ferro non volle comunicare che ad un suo caro discepolo, e a questo anche in rigoroso secreto, la stimabile sua scoperta. Quindi il Cardano nella breve storia, che tesse dell'algebra, narra bensì tutti i passi, e le scoperte sin allor fatte, ma non conosce gli autori di esse, nè altri ne sa nominare che l'arabo Moamad, e questi due suoi coetanei. Ma il Tartaglia era in questa parte sopra tutti gli altri geloso; ed il Nugnez *(a)* l'accusa distintamente di quella sua per così dire letteraria avarizia; e il Cardano racconta, che non mai volle arrendersi a fargli parte della sua scoperta, se non trattovi a pura forza, ed obbligato da replicate ed importune richieste. Buon per noi, che l'ardente ed ostinata importunità del Cardano giunse a strappargli di bocca il bramato arcano, e la sua ambizione di gloria gli fece superare lo scrupolo di mancare alla data parola di secretezza, e prendersi la compiacenza di comunicarlo anche al pubblico. Era per avventura il Tartaglia matematico più profondo, e di più forte ingegno che il Cardano, ma d'uno stile e discorso rozzo ed incolto, conveniente alla plebea sua educazione, non ripulita co' buoni studj, e d'un' indole altiera ed inquieta, che gli procacciava molti nemici; onde se egli avesse pubblicate le sue scoperte, come poi fe-

Cardano.

(a) *Lib. de Alg.*

ce in versi barbari ed oscuri, non avrebbero esse certamente chiamata l'attenzione de' matematici, e sarebbero forse rimaste sepolte nella loro oscurità, e nel comune abbandono. Dove che il Cardano, erudito e colto com'egli era, se mancò al secreto promesso al Tartaglia, e gli recò dispiacere, meglio però giovò alla celebrità della scoperta, al profitto degli studiosi, ed al vantaggio delle scienze. Egli spose il metodo del Tartaglia, o le formole delle equazioni del terzo grado in chiara latinità, con espressioni facili ed intelligibili; egli ne trovò la dimostrazione, a cui non aveva pensato il Tartaglia; egli ampliò, e distese a tutti i casi le regole, che solo erano applicabili a quelle, in cui manca il secondo termine, ciò che allora non poteva farsi comune a tutte; egli insomma illustrò, ed arricchì di tanti miglioramenti, ed accrescimenti le formole del Tartaglia, che meritò assai giustamente l'onore, che gli ha reso la posterità, di dare a quelle il nome di *Formole del Cardano*. Il Gua, occupato nelle ricerche del numero delle radici, che si possono trovare nelle equazioni di tutti i gradi, spiega distintamente la dottrina del Cardano risguardante tali radici (*a*); ma sembra, che non sia stato abbastanza riservato nel decidere, che egli non guari men che il Pacioli, punto non conoscesse l'uso delle radici negative; mentre al contrario in più luoghi del suo libro (*b*) fa uso chiaramente di tali radici.

Caso irreducibile dell'equazioni del terzo grado.

Un'osservazione, che è di molto onore alla perspicacia algebraica del Cardano, è la limitazione, che egli fa delle regole delle equazioni del terzo grado, nel caso che l'estrazione della radice quadrata, che dèe entrare in tali equazioni, non sia possibile, o sia, come si dice, *immaginaria*. Que-

(a) *Acad. des sc.* an. 1741. (b) *Art. magn.* c. III, VII.

sto è il celebre caso *irreducibile*, in cui si trovano tre radici reali sorde; e vani sono stati tutti gli sforzi finora fatti per esprimere queste radici in termini razionali, nè si è potuto accordare una regola generale di cangiare in reali assegnabili le grandezze immaginarie, che presenta la formola, e sotto le quali si nascondono le radici reali delle equazioni. Questo caso irreducibile ha chiamata per più di due secoli l'attenzione degli algebristi, ed è stato per l'algebra, come la quadratura del circolo per la geometría, lo scoglio, a cui hanno urtato quanti hanno voluto superare quelle difficoltà; e gloria è dell'acutezza di mente del Cardano l'avere sin dal principio trovato un tale caso, e riconosciutane l'insuperabile resistenza a tutti gli sforzi degli analitici. Questi meriti del Cardano hanno fatto passare con molto credito alla posterità il suo nome, e gli hanno ottenuto l'onore d'occupare i pensieri, e gli studj de' matematici di tutti i tempi; e non solo il Wallis (*a*), il Baker (*b*), ed altri nel passato secolo, ma anche l'Eulero (*c*), ed altri nobili matematici del presente sino a questi dì si sono impiegati, e s'impiegano in dare maggiore schiarimento, e più ampiezza alla sua dottrina, e tutti concorrono a rendere vie più illustre e glorioso nelle matematiche il nome del Cardano, che non è troppo rispettato da' medici, nè da' filosofi. A maggiore sua gloria anche un suo discepolo, Luigi Ferrari, contribuì molto all'avanzamento dell'arte algebraica. Lo stesso Cardano dice apertamente, che alcune scoperte da lui riferite non sono veramente sue, ma del suo allievo Ferrari, ed a questo particolarmente riporta due dimostrazioni (*d*). Attribuivasi al Cartesio un *martello cubico*, con cui risolvevansi le equazioni quadrato-quadrate; ma il Leib-

Luigi Ferrari.

(a) *Algebra*. (b) *Cardanus promotus*.

(c) *Elem. de alg. rect.* IV, ch. XII. (d) *Art. magn.* cap. VI.

nizio scrisse senza la minore esitazione all'Oldemburgo, che non era tale invenzione del Cartesio, nè del Vieta, ma del secolo antecedente, cioè del Ferrari, e che questi prima di ogni altro insegnò agli algebristi a ridurre ad equazione cubica la quadrato-quadrata *(a)*. Il gran merito del Ferrari fu il ritrovare un metodo per risolvere le equazioni del quarto grado; nè il Ferro, nè il Fiore, nè il Tartaglia, nè il Cardano, nè verun altro matematico anteriore non avevan potuto mai giungere a quelle equazioni, nè i matematici posteriori hanno saputo passare più oltre a trovare equazioni per altri gradi. Tanto merito del Ferrari non è bastato ad ottenergli dal Wallis, e dal Gua un più alto ed onorevole posto nelle lor brevi storie dell'algebra, quale conveniva alle sue scoperte.

Bombelli.

Più fortunata sorte è toccata al Bombelli, il cui nome, come quello del Cardano, co' proprj, e cogli altrui meriti ha acquistata celebrità. Benchè le formole delle equazioni del quarto grado sieno realmente ritrovato del Ferrari, sono non pertanto più conosciute sotto il nome del Bombelli *(b)*, il quale le spose con più chiarezza, e diede loro maggiore estensione. Egli meglio d'ogni altro svolse e spiegò tutta la dottrina algebraica; e i suoi libri d'algebra possono riguardarsi come il più pieno e compiuto corso di quella scienza, che in tutto quel secolo sia comparso. Egli in oltre ebbe, come il Cardano, il merito dell'invenzione. Il Leibnizio dice, che il Bombelli prima d'ogni altro insegnò ad estrarre le radici razionali da' binomj cardanici in apparenza immaginarj *(c)*. Egli infatti fu assai più accorto che il Cardano nell'esame del caso irreducibile, e non solo ardì d'asserire, che la radice irrazionale, tuttochè nascosta sotto una forma immagina-

(a) *Op.* t. III, *Ep. ad Oldemb.* p. 41, *Ep. ad Wall.* p. 126.

(b) V. Euler. *Elem. d'Alg.*, ed al. (c) Ubi supra.

ria, è sempre possibile; ma ne dimostrò in qualche modo la possibilità, e passò eziandío a fare i suoi sforzi per ritrovarla, e vi riuscì in certi casi, benchè non potè darne una regola assai generale. Il Gua *(a)* dà il vanto al Bombelli d'avere il primo parlato del calcolo de' radicali, d'aver fatto entrare ne' calcoli le radici impossibili, e d'aver insegnata una regola per la risoluzione delle equazioni del quarto grado, di cui è svanito il secondo termine, che, dice, sarà sempre riguardata com'una delle principali scoperte, che siensi fatte nelle matematiche, e ci mostra l'opera del Bombelli come un'opera molto interessante pe' progressi di questa scienza. Così il Bombelli fu molto benemerito dell'algebra, e il suo nome occuperà sempre onorato posto nella storia delle matematiche. Finora l'algebra può riguardarsi come una scienza italiana, benchè conosciuta e coltivata dall'altre nazioni. Leonardo da Pisa, e Luca dal Borgo, i primi scrittori conosciuti di questa scienza, furono italiani, come italiani pur furono il Ferro, il Fiore, il Tartaglia, il Cardano, il Ferrari, il Bombelli, e tutti i principali propagatori ed avanzatori dell'algebra. Il nome stesso italiano, che allora davasi a questa, può essere chiara prova della sua nazionalità. Se noi diamo agli arabi la gloria di padri dell'algebra, perchè essa porta arabico nome, il sentirla chiamare con nome italiano dèe dare all'Italia qualche particolare diritto di considerarsi come sua maestra e padrona. L'algebra, benchè chiamata anche *arte maggiore*, ed *arte magna*, era universalmente intitolata *Scienza della cosa*; e non solo gl'italiani le davano questo nome, ma il tedesco Rudolphs, e il suo dotto editore Stifels diedero il titolo *Die coss* ad un'opera intorno all'

(a) Ubi supra.

algebra, e *cosici* si chiamavano anche in latino i numeri, e *cosicae* le radici fino nel secol passato. Pur nondimeno tutte le nazioni ebbero verso la metà del secolo decimosesto i loro scrittori d'algebra. Oltre i tedeschi ora nominati, Rudolphs e Stifels, v'erano francesi algebristi assai celebrati, il Peletier, e il Buteon, ed anzi da questo vogliono alcuni prendere la prima origine di segnare i numeri colle lettere nelle operazioni algebraiche; v'era nella Spagna il celebre Nugnez, più conosciuto col nome di Nonio, del quale furono abbracciati, e seguiti parecchi metodi, che si vedono anche riportati nel passato secolo dal Bachet di Meziriac (*a*), dal Dechales (*b*), e da altri scrittori; v'era nell'Olanda lo Stevin, conosciuto, e stimato anche posteriormente; e v'erano per tutta l'Europa varj studiosi, e coltivatori di quella scienza.

Altri algebristi del secolo XVI.

Ma tutti, sì italiani, che dell'altre nazioni, tutti deono cedere il posto al francese Vieta, dal quale s'incomincia una nuova epoca per l'algebra, e si può dire anche per tutte le matematiche. Finora l'algebra in mano d'uomini ingegnosi bensì, e dotti aritmetici, ma non abbastanza fini, e ripuliti geometri, non s'era acquistato quel grado di dignità, che le facesse occupare un riguardevole posto nella letteratura: il Vieta la levò a quest'onore; nelle sue mani si formò quell' utile e glorioso istrumento, che or è delle più difficili ed a... due scoperte, e produsse così una memorabile rivoluzione nelle matematiche, e in quasi tutte le scienze naturali. Il Vieta può riguardarsi come il padre de' più profondi analitici di questi secoli; ed egli infatti aprì, o segnò almeno tutte le vie, che corsero poi l'Arriot, il Cartesio, l'Ougtred, e i più famosi autori degli avanzamenti algebraici. Fu suo me-

Il Vieta.

(a) In *Diophant.* ec. lib. I, quest. XXXIII. (b) *Alg.* lib. III.

rito una più facile e più comoda preparazione delle equazioni, ch'è stata poi abbracciata dagli analisti moderni, immaginando egli gran parte delle trasformazioni, che si fanno nelle equazioni, e degli usi diversi, che se ne possono ricavare: fu suo merito un metodo, che ei chiama *Sincrisi*, per riconoscere col confronto di due equazioni differenti soltanto pe' segni il rapporto, che v'è fra ciascuno de' coefficienti, che sono loro comuni, e le radici dell'una e dell'altra: fu suo merito la formazione delle equazioni composte per le loro radici semplici, quando son tutte positive; la risoluzione numerica delle equazioni all'imitazione dell'estrazione delle radici numeriche; la costruzione ingegnosa delle equazioni del terzo grado col mezzo di due medie proporzionali, la decomposizione delle equazioni del quarto grado per quelle del terzo, e parecchi altri ritrovati furono suoi meriti nell' analisi. Ma forse non meno che per tutti questi vantaggi si rese il Vieta benemerito dell'algebra, e della geometría per la felice scoperta di segnare colle lettere dell'alfabeto le quantità conosciute e le sconosciute. Questo metodo, oltre che leva l'imbarazzo della confusione de' numeri, ha il vantaggio d'essere più generale, dando soluzioni comuni a tutti i casi, mentre nell'altro non davansi che pe' casi particolari. Chiunque ha pratica di tali calcoli facilmente comprende le difficoltà, e gl'imbarazzi, in cui dovrebbon mettere i numeri, e la contenzione di mente, che esigerebbero nelle lunghe operazioni; dove che ora col moltiplicare, o detrarre una lettera, coll'aggiungerne un'altra, e col maneggiare quasi materialmente alcuni caratteri dell'alfabeto si risolvono colla maggiore speditezza i calcoli più intricati. Come potrebbono avere luogo ne' numeri tanti utilissimi metodi inventati da' posteriori algebristi, per isbrigare ogni calcolo nelle

Scoperte diverse su' segni algebraici.

geometriche teoríe? Questo metodo delle lettere fu ancor ridotto a maggiore semplicità dall'Arriot, il quale adoprò i caratteri minuscoli, più facili, e più spediti de' majuscoli, li collocò in modo da segnare i prodotti delle quantità moltiplicate, scrivendo una dopo l'altra immediatamente le lettere, che esprimono i fattori, ed agevolò grandemente le richieste operazioni. Più ancora fece in questa parte il Cartesio. Egli inventò il segnare le lettere esprimenti le potenze col numero corrispondente alle volte, che secondo il metodo dell' Arriot si dovrebbe replicare tal lettera, o, come or dicesi, coll'esponente: ed a lui dobbiamo altresì l'espressione tanto necessaria de' polinomj col sottoporli ad una riga superiore, o, com'altri hanno poi usato, col rinchiuderli entro una parentesi. Anche altri dopo l'Arriot, e il Cartesio hanno pensato alla collocazione delle lettere, ed al miglioramento de' segni algebraici; e sono state tante le varietà nell'adoperare le lettere, ed i segni, che sarebbe una non inutile curiosità il formare una paleografia dell'algebra, ed una storia della sua stenografia, la quale non poco gioverebbe a facilitare l'intelligenza de' primi scritti su quella scienza, e de' principali maestri della moderna analisi. Piccioli ritrovati sembreran questi a chi non ha pratica delle algebraiche operazioni; ma chi conosce la sveltezza, facilità, e certezza, ch'essi producono nell'asprezza e nell'intralciamento de' calcoli; chi sa l'estensione delle vedute, l'ampiezza delle mire, e la profondità delle cognizioni, che ciascuno d'essi richiede per istabilirsi senza pericolo d'errore, ed usarsi con sicurezza ed utilità, non potrà lodare abbastanza l'ingegno di chi gli ha saputo inventare, nè professargli la dovuta riconoscenza per gli sforzi d'immaginazione, che gli hanno costato. Ma ritornando a' progressi, che fece l'algebra, vero è che gli utili ritrovati, e

le gloriose fatiche del Vieta eccitarono gli studj di parecchi valenti matematici a coltivarla con grand'ardore. Ma sebbene molti si fecero nome colle loro speculazioni, e recarono anche qualche avanzamento alla loro scienza, solo però l'Arriot giunse ad emulare la gloria del loro maestro Vieta. I francesi, e gl'inglesi non convengono nel valutare il merito algebraico dell'Arriot. Il solo passo, dice il Gua *(a)*, che sembri propriamente avere fatto l'Arriot nell'analisi, è l'avere impiegata nelle equazioni del terzo e del quarto grado le radici negative, benchè anche in questo l'accusa di qualche errore; e il Montucla *(b)* non dubita d'asserire, che l'Arriot non ebbe che una poco chiara, e poco sviluppata idea di tali radici, e che ne dice poco più che il Cardano, il quale pure le aveva già conosciute; ma il Wallis *(c)* conta questa come una delle gloriose invenzioni algebraiche, che noi dobbiamo all'Arriot. A lui pure si dèe il metodo, che spesse volte riesce comodo ed utile nelle equazioni, di trasportare allo stesso lato tutti i termini, ed uguagliarli a zero, cioè di far passare al primo lato tutti i termini, ch'erano nel secondo, cambiando loro i segni positivi o negativi, e mettere nell'altro lato soltanto = o: ciò che in alcuni casi rende le equazioni assai più chiare, più facili, e più spedite. Ma la scoperta dell'Arriot più pregievole e più interessante per l'algebra è stato l'osservare, che tutte le equazioni d'ordini superiori sono prodotti di semplici equazioni, donde derivano per l'avanzamento dell'analisi molte ed utilissime verità, che noi non possiamo qui sviluppare. Questi, ed altri non pochi meriti dell'Arriot rendono il suo nome immortale ne' fasti della scienza algebraica, e lo mettono al fianco del

Arriot.

(a) *Acad. des Sc. an.* 1741. *Recherches* etc.

(b) *Hist.* par. IV, l. XI. (c) *Tract. hist. de Alg.*

Vieta, e de' più illustri analitici. V'erano in oltre a que' tempi l'Ougtred, il Girard, l'Anderson, ed altri parecchi, che co' loro lumi, e colle loro speculazioni illustravano, ed avanzavano le cognizioni algebraiche. Allora altresì ottenne l'algebra di Diofanto maggiore splendore, e più nobile ingrandimento.

Altri algebristi.

Fino dal secolo decimoquarto il greco Planude aveva fatti comenti ad alcuni libri del greco algebrista, che poco, o niente servirono ad illustrare la sua dottrina. Xilandro nel decimosesto più intendente nella lingua greca che nelle matematiche, tradusse in latino, e comentò come seppe i libri rimasti di Diofanto. Più valente in quell'arte il Van-Ceulen si acquistò celebrità per la particolare maestría nell'analisi del greco maestro. Lo Stevin fece una specie di comentarj alle questioni di Diofanto; unì non di rado queste alle sue proprie il soprallodato Bombelli; il Vieta stesso spesse volte adoprò i metodi del greco algebrista, e trattò molti problemi alla maniera di lui, e parecchi altri a quel tempo fecero onore al nome di Diofanto. Ma nel passato secolo videsi la sua algebra salita al maggiore splendore. Nuova traduzione più fedele, chiara, ed esatta, nuovi comenti più dotti e profondi nel cogliere i sensi dell'autore, e più adattati, ed acconcj per rischiararli fece a' libri di Diofanto il Bachet di Meziriac; nè di ciò contento recò eziandío nuovi lumi, ulteriori avanzamenti, e maggior estensione ed ingrandimento alla sua dottrina. Egli fu il primo, dice il la Grange (*a*), che trovasse un metodo generale per risolvere in numeri intieri tutte le equazioni del primo grado di due, o più incognite; e nessuno poi n'ha dato altro più diretto,

Illustratori dell'algebra di Diofanto.

Bachet di Meziriac.

(a) *Ac. de Berl.* tom. XXVI.

più generale, e più ingegnoso che quello del Bachet. Più di tutti avanzò l'analisi di Diofanto il sommo geometra Fermat. Nuove vie, e nuove ragioni aprì egli alla sua scienza; diede nuovi metodi per la risoluzione delle equazioni indeterminate, superiori a quanti n'avevano pensato i precedenti analisti, di maggiore giustezza, maggiore estensione, e generalità; sciolse problemi, a cui non avevano potuto giungere nè il Bachet, nè il Vieta, nè verun altro algebrista; propose molti teoremi nuovi, e sublimi, e fecondi di sconosciute ed interessanti verità. Le Accademie di Pietroburgo, e di Berlino sono piene di memorie dell'Eulero, del la Grange, del Beguelin, e d'altri dotti accademici, per dimostrare alcune proposizioni del Fermat, per seguire alcune sue viste, e per ispiegare, e proporre agli occhi de' matematici le ricchezze analitiche da lui lasciateci senza ostentazione, e disperse qua e là quasi in abbandono: que' valenti analisti hanno creduto d'impiegare utilmente le loro fatiche coll'illustrare con lunghi scritti i pensieri in poche righe proposti dal Fermat. Il Billy ha raccolti da varie lettere scrittegli da quel grand'uomo i nuovi suoi ritrovati su la dottrina analitica (*a*); ed ha ben ragione di dire, che Diofanto è un pigmeo paragonato con questo gigante; che il Vieta non giunse a toccare la cima di questa scienza, dove sì tranquillamente siedeva il Fermat; e che il Bachet, per quanto fosse in questa parte perspicace ed acuto, sembrava tardo ed ottuso messo in confronto di questa lince. Oltre il Bachet, e il Fermat v'era il Frenicle, che estremamente portato, come abbiamo detto di sopra, per quanto riguarda le questioni numeriche, giovò molto ad accrescere i lumi della dottrina di Diofanto, ed inventò nuovi metodi:

Fermat.

Frenicle.

(a) *Doctr. analyt. Inv. novum* etc. Edit. Tolos., *Oper. Diophanti* 1670.

v'era il Pell inglese algebrista lodato in questa parte dal Leibnitz (*a*); v'era l'or citato Billy, che nel suo *Diofanto redivivo*, e in altre sue opere trattò questioni molto più ardue di quelle di Diofanto, ed illustrò la sua dottrina; v'era l'Ozanam, che aveva preparata nuova edizione, e nuova illustrazione del greco algebrista, trattava qua e là molte questioni non toccate da Diofanto, nè dal Bachet, e vi aggiungeva un libro pieno di questioni *paralipomene*, come scrive con molte lodi di tale opera il Leibnitz (*b*); e v'erano altri, che coltivavano l'analisi di Diofanto. Così generalmente nel passato seeolo tutti i rami dell'algebra si vedevano in fiore, e tutte le parti di quella scienza, che si poteva dire nata poc'anni prima, erano nobilitate, e aggrandite colle fatiche d'illustri ingegni.

Ma per quanto grandi ed acuti algebristi fossero l'Arriot, l'Ougtred, il Bachet, il Fermat, ed altri lor coetanei, d'uopo è, che tutti cedano il vanto all'immortale Cartesio. Questo genio creatore non contentavasi di lavorare cogli altrui ritrovati, voleva sempre creare da sè; e se talora non poteva levar sode fabbriche, si dilettava almeno d'innalzare castelli in aria, i quali nondimeno servivano ad albergare molte utili verità, ed a distruggere ed atterrare molti errori allor dominanti. Non v'è quasi nessuna scienza, che non debba al Cartesio qualche grado di perfezione, o qualche notabile avanzamento; ma l'algebra, e la geometría furono i campi, onde colse i più sani frutti, e dove s'acquistò la più soda gloria. Oltre l'espressione de' polinomj, e i segni delle potenze, o degli esponenti, come abbiamo detto di sopra, dobbiamo a lui i principj elementari del calcolo delle potenze,

Cartesio.

(a) *Comm. epist.* p. 65. (b) *Oper.* tom. II, ep. II ad Oldemb. p. 29 et 30.

che tanto utile, ed eziandío necessario riesce per le analitiche operazioni. Se gli anteriori algebristi, singolarmente l'Arriot, e il Girard, avevano conosciute le radici negative, il Cartesio fu il primo a farne il vero uso, e a darci una giusta idea della natura, e de' vantaggi di tali radici. Egli in oltre insegnò a conoscere per la sola vista de' segni quante sieno le radici positive, e quante le negative in qualunque equazione, che non n'abbia delle immaginarie; scoperta, che il Gua suo illustratore, che tanto ha faticato intorno alle radici delle equazioni, lungamente prova essere interamente dovuta al Cartesio (*a*), e non comune all'Arriot, come pretendeva il Wallis, e come credevano il Wolfio, ed il Saunderson. Egli è stato anche il primo, che abbia dati i mezzi di trovare i limiti delle radici delle equazioni, che non si possono risolvere esattamente. Il solo nome d'*analisi cartesiana* dato al metodo delle indeterminate per le equazioni del quarto grado, usato anche presentemente, può servire di chiara testimonianza del merito del Cartesio in questa parte, e de' vantaggi, che da quel suo metodo derivano alle matematiche; ma ancor più gloriosamente per lui il nome d'*algebra cartesiana* applicato generalmente all'analisi delle quantità finite ci mostra abbastanza quanta preminenza, e superiorità, e quanta, per così dire, padronanza avesse egli su tutta l'algebra conosciuta avanti l'invenzione dell'infinitesimale. Infatti, che sublime ed ardito volo non le fece egli prendere col maneggiarla a suo modo? Che rivoluzione non produsse in tutte le matematiche coll'applicare l'algebra alla geometría? Qualche leggiera applicazione dell'una all'altra di queste scienze s'era già prima veduta negli anteriori algebristi. L'opera sopraccitata

Applicazione dell'algebra alla geometría.

(a) *Ac. des Sc. an. 1741. Demonstration de la regle de Descartes* etc.

di Thabit ben Corrah de' problemi algebraici da comprovarsi con geometriche dimostrazioni, e gli esempj di linee, o figure geometriche, che adopera nel suo capitolo dell'algebra Leonardo da Pisa, ed altri ancor più decisi del Regiomontano, del Tartaglia, e di varj analisti del secolo decimosesto, mi sembrano assai chiara prova di quanto sia antica una qualche unione di quelle due scienze. Ma questi non facevano tale applicazione, se non che assegnando alle linee date valori numerici, e trovando la cercata allo stesso modo. Il Vieta avendo introdotto l'uso delle lettere per rappresentare le quantità conosciute, e le sconosciute, potè anche fare una miglior applicazione dell'algebra alla geometría, e formarvi qualche geometrica costruzione. Ma tutti questi non erano che piccioli saggi d'imperfetta applicazione dell'algebra a' problemi ordinarj, i quali anche senza tali calcoli si sarebbono ugualmente sciolti colla stessa facilità. Il Cartesio ridusse ad arte quest'applicazione, ne formò il metodo, ne diede le regole, ne spiegò l'artifizio: dalla piccola espressione di linee diritte la levò alle difficili teoríe della geometría delle curve, e fece una sublime ed utilissima scienza di quella, che non era che una ristretta, e poco usata, e quasi inutile pratica. La geometría, e l'algebra hanno ricevuto mutuamente da questa unione notabile avanzamento; l'algebra s'è nobilitata passando dalle espressioni numeriche alle geometriche dimostrazioni; la geometría ha acquistata maggiore franchezza e padronanza, potendo mostrare le proprietà delle curve senza l'imbarazzo di linee parallele, e formarne con una espressione algebraica un quadro più svelto, e più energico, che presenta molte agevolezze per ricavare dalle più facili proprietà le più difficili ed intricate. I molti e grandi avanzamenti dell'algebra e della geometría, che dobbiamo al Car-

tesio per quest'applicazione, hanno fatto cambiare d'aspetto quelle scienze, e danno all'autore l'onore di glorioso conquistatore nel regno delle matematiche. La geometría del Cartesio ha avuta la sorte delle opere originali, di trovare cioè grand'uomini, che l'illustrassero, e che ajutati da' suoi lumi producessero anch'essi scoperte originali. Tale fu il Beaune, il quale oltre le dotte e chiare annotazioni all'opera del Cartesio si fece nome illustre nell'algebra per la sua teoría de' limiti delle equazioni, quella cioè di determinare i due numeri, fra' quali si trovano la più grande e la più piccola delle radici cercate, con che si riducono spesso ad un picciol numero i divisori da provarsi, e si diminuisce di molto la fatica di cercarli; metodo, che fu poi abbracciato, ed accresciuto dal gran Newton *(a)*: tale fu l'Hudde, che si distinse per la riduzione delle equazioni, e pel metodo de' massimi, e de' minimi *(b)*; tale lo Schooten, dotto comentatore, e diligente spianatore dell'opera del Cartesio colle proprie, e colle altrui illustrazioni, ed autore d'un trattato pieno di nuove viste del modo di formare le dimostrazioni geometriche col calcolo algebraico *(c)*; tale lo Sluse, inventore d'un metodo di costruire qualunque equazione solida in infinite maniere diverse, non sol per mezzo del circolo, e della parabola, come faceva il Cartesio, ma di qualunque altra sezione conica *(d)*; tale il Craig, tale il Witt, tale il Rabuel, tale Giacomo Bernoulli, e molt'altri illustri geometri.

Dopo gli avanzamenti prodotti all'algebra dal Cartesio, e da' suoi seguaci, sembrava, che più non restasse da fare a

(a) *Florimendi de Beaune Tract. posth. alter. de nat. et const. alter de limit. aequationum.*

(b) *Joan. Huddenii* epist. I *De reduct. aequ.*, ep. II *De maj. et min.*

(c) *Tract. De concinn. Demonstr. geom. ex calc. algebr.*

(c) *Mesolab. seu duae med.* ec.

posteriori analisti; ma troppo erano grandi e sublimi gl'ingegni, che allora si diedero a quella scienza, per poter rimanere sterili, ed oziosi senza produrle ulteriori miglioramenti. Di quante nuove scoperte non seppe arricchirla il Wallis nella sua algebra, e molto più nella fecondissima sua *aritmetica degli infiniti?* Il Brounker, il Barrow, il Mercator, ed altri parecchi nel passato secolo accrebbero sempre più le sue ricchezze. Ma in tanta copia di profondi analitici, non solo dell'Inghilterra, ma d'ogni altra nazione, bisogna pur riguardare come il principe di tutti l'impareggiabile Newton. Di quanto vantaggio non sono state per l'algebra le belle ed eleganti sue regole per riconoscere i casi, in cui le equazioni possano avere divisori razionali, e quali polinomj possano in que' casi essere i divisori; per determinare d'una nuova e più giusta guisa, che fatto non aveva il de Beaune, i limiti delle equazioni; per l'applicazione delle frazioni al calcolo degli esponenti; per ridurre le espressioni frazionarie, o irrazionali in serie infinite; l'eccellente suo metodo d'approssimazione per determinare quanto più prossimamente si possa le radici delle equazioni; il famoso teorema, che chiamasi del binomio, quella formola generale d'esprimere due quantità moltiplicate in sè stesse; l'applicazione di tutte queste invenzioni analitiche alla quadratura, e alla rettificazione delle curve, ed a' più ardui problemi geometrici; e mille e mille utili e gloriosi suoi ritrovati per avanzare tutte le parti sì dell'algebra pura, che della mista, esposti nel suo trattato dell'*analisi per equazioni infinite* nella sua *Aritmetica universale*, e in altri brevi sì, ma pieni, sugosi, e profondi suoi scritti, che sono il più autorevole codice delle matematiche verità, religioso e sacro agli studiosi di tali scienze? Pur tanti, e sì distinti meriti del Newton nelle matematiche discipline spariscono in qualche

Wallis.

Newton.

modo a vista della luminosa sua scoperta del calcolo delle flussioni, conosciuto comunemente col nome di *calcolo infinitesimale*, di cui poi parleremo più lungamente: ma tutto prova evidentemente quanto fosse vasta e sublime l'anima di quel grand'uomo, superiore alle più elevate menti degli altri mortali. Contemporaneamente all'inglese algebrista illustrava l'arte analitica l'alemanno Leibnitz, l'unico genio, che potesse entrare con lui in paragone. Profondo quasi al pari del Newton, era assai più universale, ed esteso nelle sue cognizioni. Filosofo, giurisperito, antiquario, storico, filologo, e matematico, non lasciava parte alcuna delle scienze, che colle meditazioni del suo ingegno non illustrasse, e in ciascuna facevasi rispettare singolarmente come un portento d'erudizione. Ma venendo al nostro proposito dell'algebra, fecesi in questa ammirare particolarmente il suo genio creatore. Lascio il ritrovato d'un nuovo genere d'equazioni, dette da lui *esponenziali* (*a*); lascio il metodo generale, ed infallibile, ch'ei dice avere scoperto per trovare le radici di tutte le equazioni (*b*); lascio l'ingegnoso suo metodo pel caso irreducibile; lascio le sottili sue speculazioni su la natura de' logaritmi delle quantità negative, combattute dal Bernoulli, ma abbracciate dall'Eulero; lascio mille scoperte algebraiche da lui spesso proposte alla contemplazione de' matematici, benchè rare volte abbastanza spiegate, e dilucidate; e vengo solo alla nobilissima invenzione del calcolo infinitesimale, che l'innalzò sopra gli altri analisti, e lo mise al livello col gran Newton.

Leibnitz.

Calcolo infinitesimale.

L'algebra cartesiana non risguardava che l'analisi finita delle grandezze curvilinee; e per penetrare più intimamente

---

(a) Ep. ad Oldemb. opp. t. III, p. 106. (b) *Comm. ep.* p. 60 ec.

negli arcani della geometría, e quindi dell'altre scienze, si richiedeva un'analisi più sottile, che conducesse fino a' veri principj delle linee curve, e prendesse di mira i picciolissimi, ed infinitesimi loro elementi. Questi infinitesimi hanno tra loro de' rapporti, che non hanno le grandezze finite, delle quali essi sono elementi; e per questi particolari rapporti appunto conducono a scoprire le grandezze simili, e rendono la loro analisi sì utile, e sì feconda di geometriche scoperte. Il trovare queste infinitesime grandezze, il calcolare le mutue loro ragioni, operare sopra di esse, e scoprire pel loro mezzo altre grandezze finite è il soggetto dell'analisi infinitesimale, che ha prodotto in questo secolo sì notabile rivoluzione nelle scienze; e quest'analisi è quella, che sotto aspetti diversi fu scoperta dal Newton, e dal Leibnizio. Ella è una curiosa e strana combinazione, che non solo a un tempo stesso venissero al Mondo due sì profondi, e maravigliosi ingegni, come Newton, e Leibnitz, ma che amendue contemporaneamente s'applicassero ad una sì grande scoperta, e che amendue per via diversa giungessero ad incontrarla colla medesima felicità. Come le affezioni delle curve si conoscono col riferirle alle *variabili* loro ascisse ed ordinate, Newton, e Leibnitz prendono ad esaminare gl'istantanei cambiamenti, e gl'insensibili incrementi e decrementi, che in queste producονsi, ne cercano i rapporti, li maneggiano algebraicamente, e formano le leggi del loro calcolo. Il Leibnitz dà a questi insensibili incrementi, o decrementi il nome di *differenze infinitesime*, e le considera come grandezze infinitesime, che possono risguardarsi come nulle rispetto alle grandezze finite, e si possono trascurare nel calcolo senza pericolo d'errore; anzi fa infinitesimi d'infinitesimi di più e più ordini inferiori, i quali pure possono negligersi nel calcolare

gl'infinitesimi d'ordini superiori. Il Newton, senza introdurre l'idea di parti infinite, nè infinitesime, considera le quantità matematiche come generate col moto, chiama *flussioni* le velocità variabili, colle quali sono prodotte, o descritte quelle quantità, e cerca i rapporti di queste flussioni, e forma più e più ordini di esse. Il metodo delle flussioni è il medesimo che quello degl'infinitesimi, ma appoggiato a principj esatti, senza bisogno della finzione ipotetica delle parti infinitesime. Le differenze dell'uno sono le flussioni dell'altro; le differenze infinitesime si segnano colla lettera d, e dx è la differenza di x, e gl'infinitesimi d'ordini inferiori si segnano col replicare la lettera d, onde ddx, $d^3 x$, $d^4 x$ ec. sono infinitesimi di 2.°, 3.°, 4.° ordine; le flussioni si segnano con un punto, e $\dot{x}$ è la flussione di x, e $\ddot{x}$, $\dddot{x}$, $\ddddot{x}$ sono flussioni di 2.°, 3.°, 4.° ordine ec., uno tralascia nel calcolo certe parti d'un elemento, perchè le concepisce come infinitesime, e le parti infinitesime in una grandezza finita possono trascurarsi senza pericolo d'errore: l'altro non le considera nel suo calcolo, perchè crede, che non gli appartengano; il risultato è il medesimo, benchè nell'uno e nell'altro provenga da ragioni diverse, come se un uomo, secondo l'esempio del Maclaurin (*a*), che rende un conto, e che pretende portare l'esattezza fino allo scrupolo, trascura certi articoli perchè di nessuna importanza; mentre l'altro li tralascia perchè non appartengono a quel conto. Il calcolo infinitesimale si suole anche chiamare calcolo differenziale; ma realmente si divide in calcolo differenziale, ed integrale. L'integrale s'oppone al differenziale, ed è un seguito del medesimo, come dice il Fontenelle (*b*): il differenziale discende dal finito

(a) *Traité des flux. Préface.* (b) *Hist. de l'Ac. des Sc. an. 1700. Sur la Quadr.* ec.

all'infinitesimo, e l'integrale rimonta dall'infinitesimo al finito; l'uno, per così dire, scompone una grandezza, l'altro la ristabilisce. V'è anche parimente nel calcolo delle flussioni il metodo diretto, e il metodo inverso; quello corrisponde al calcolo differenziale, questo all'integrale. Così in ogni parte sostanzialmente combinano il calcolo Leibniziano, ed il Newtoniano: il metodo degl'infinitesimi è quello delle flussioni. Il Leibnitz fu il primo a partecipare al pubblico il suo metodo, e ne diede una leggiera notizia negli Atti di Lipsia *(a)*, onde lo seguirono avidamente i due celebri fratelli Bernoulli, e quindi tutta l'Europa abbracciò il nome, ed il metodo del calcolo infinitesimale o differenziale, e soli gl'inglesi adoperarono il nome ed il metodo del calcolo delle flussioni. Questi vollero anche ritenere pel loro Newton tutta intiera la gloria della scoperta, senza lasciarne alcuna parte al Leibnitz; e prima il Fazio, e dopo varj anni più duramente il Keil l'accusarono di plagiario, e la R. Società di Londra, che si eresse in qualche modo per giudice di questa causa, se non ardì di condannarlo per reo, non volle però dichiararlo assolto di tale accusa. Noi non possiamo seguire la storia di questa famosa lite, che interessava la curiosità non che dell' Inghilterra, e della Germania, ma di tutta la colta Europa; ma può essa vedersi brevemente narrata dal Fontenelle *(b)*, sposta più distesamente dal Jaucourt *(c)*, ed illustrata con maggiore profondità di critica, e di dottrina dal giudizioso e dotto Montucla *(d)*. Dirò soltanto, che come non può negarsi, che il Newton non trovasse da sè il suo metodo senza verun ajuto, e prima d'ogni notizia di quello del Leibnizio, così non può dirsi, che il Leibnitz abbia fabbricato il

Dispute intorno al calcolo infinitesimale.

(a) 1684. (b) *Eloge de Leibnitz*. (c) *Vit. Leibnitz*.
(d) *Hist. des Math.* t. II, part. IV, liv. VI.

suo colla scorta de' lumi ricevuti dal Newton; e confesso, che leggendo il commercio epistolare del Leibnitz su questi punti coll'Oldemburg, col Collins, col Wallis, e collo stesso Newton, mi svanisce ogni ombra, che possa nascere di sospetto contro la verità della scoperta del Leibnitz; e dirò altresì, che tolto il Buffon traduttore del Newton, e qualch' altro propenso per particolari motivi al partito inglese, tutto il resto della repubblica matematica accorda bensì a pieni voti tutto l'onore della scoperta al Newton, ma lo conferisce eziandío pieno, ed intatto al Leibnizio. Un'altra disputa si levò ancora contro il nuovo calcolo, che attaccava soltanto il Leibniziano, senza punto ferire il Newtoniano. Questa risguardava l'introduzione degl'infiniti, e degl'infinitesimi in geometría, che si considerava come un abuso intollerabile, ed un errore lesivo dell'esattezza e verità geometrica. Il più forte e più agguerrito avversario, che incontrò questo calcolo, fu il valente algebrista Rolle. Questi rigettava affatto le quantità infinitesime, e ne ribatteva il calcolo come mancante di certezza rigorosa ne' principj, come capace soltanto di indurre in errore in vece di condurre alla verità, e come contrario a' conosciuti e ricevuti metodi de' magistrali geometri. Pur riflettendo, che tutte le verità, che si ritrovano coll'ordinaria geometría, si presentano ugualmente, ed anche con molto maggiore facilità coll'ajuto del calcolo differenziale, che in tutto un secolo dacchè è impiegato da' geometri in ogni sorta di ricerche, non si è mai ritrovato in fallo, e che anzi non v'ha quasi scoperta alcuna fatta col suo mezzo, che non sia stata per altre diverse vie confermata, bisogna conchiudere, che sicuri, ed esatti sieno i suoi principj, e coerenti co' metodi della più giusta geometría. Altre accuse moveva al nuovo calcolo il Nieuwtentit, impugnatore assai

men forte che il Rolle. Ammetteva egli mal volentieri, ma pur sopportava, le quantità infinitesime; ma soffrire non poteva, che ammesse tali quantità se ne volessero introdur altre minori, e minori, e si fabbricassero più e più ordini d'infinitesimi, niente potendo essere più picciolo di ciò, che è picciolo infinitamente. Pur, se si accettano gl'infinitesimi di primo ordine, d'uopo è per necessaria conseguenza ricevere tutti gli altri; e se in un circolo si prende un arco infinitesimo del primo ordine, lo saranno parimente la corda, ed il seno retto, ma il seno verso corrispondente sarà infinitesimo del secondo; e così di tutti gli altri. Non meritavano grande attenzione le obbiezioni del Nieuwtentit; ebbero nondimeno risposta dallo stesso Leibnitz, e il Bernoulli, e l'Erman le atterrarono affatto. Maggiore strepito fecero le opposizioni del Rolle; ma furono anch'esse vittoriosamente ribattute dal Varignon, e dal Saurin. L'Accademia delle scienze di Parigi aprì questo secolo colle vive ed ardenti dispute sul calcolo differenziale, e la scoperta del Leibnitz occupava le meditazioni, e i giudizj de' due più rispettabili corpi letterarj, che fossero su la terra, l'Accademia delle scienze di Parigi, e la R. Società di Londra. Questa ammetteva la verità del calcolo, ma ne contendeva al Leibnitz la gloria della scoperta; quella lasciava le dispute di precedenza, e n'esaminava soltanto la verità. Restò finalmente trionfante il calcolo infinitesimale; e lo stesso secretario dell'accademia, l'elegante ed ingegnoso Fontenelle, collo spargere i fiori del brillante suo stile sull'aridità di tali materie contribuì non poco a stabilirlo, e renderlo universale (*a*). Pure molti dotti geometri posteriori, che, non contenti di seguire la parte tecnica di questo calcolo, hanno voluto entra-

(a) *El. de la Geom. de l'Infin.*

re ad esaminarne la metafisica, hanno bensì ammessi con sofferenza i nomi d'infiniti, e d'infinitesimi, ma non ne hanno ammessa la realtà, nè riconosciuti per veri gl'infiniti geometrici diversi da' metafisici; e il Maclaurin si prende anche a rispondere alle speciose ragioni del Fontenelle, e rigetta severamente tutta l'idea degli infiniti, e delle loro infinite specie (*a*). Il metodo delle flussioni del Newton, benchè non prestasse l'appiglio degl'infiniti ed infinitesimi, soggiacque nondimeno anch'esso a forti impugnazioni. Lo stile stretto, e conciso, con cui lo spose il Newton, lasciò luogo a false intelligenze, e diede qualche non irragionevole titolo per poterlo attaccare; e il metodo delle flussioni fu accusato come pieno di misterj, e come fondato su falsi ragionamenti. Il Robin, il Colson, e alcuni altri presero tosto le difese del metodo newtoniano; ma più di tutti il Maclaurin ne spiegò con tanta pienezza, ed evidenza tutti gli elementi, e gli appoggiò a principj sì sodi, ed incontrastabili, che conchiuse esser quel metodo sì esatto, e rigoroso, come possa esserlo il più severo degli antichi geometri (*b*). Il Cousin non pertanto trova ancora a ridire in que' principj del calcolo, sì del Newton, che del Maclaurin, perchè introducono il moto nell' algebra, e nella geometría, e così aggiungono un'idea loro affatto straniera, e che non ha le semplicità, ch'esigono queste scienze (*c*). Noi lasciamo a decidere a' matematici della forza di quest'obbiezione, che fu già in qualche modo prevenuta dallo stesso Maclaurin (*d*). Il d'Alembert per levar via gli scrupoli, che nascer possano a' più severi geometri pel calcolo infinitesimale, cerca di spiegarne chiaramente la metafisica; e benchè segua ad usare per brevità le parole

(a) *Traité des Flux. Introd.* (b) *Traité des Flux.*

(c) *Leçons de Calcul* ec. *Disc. prél.* (d) Ivi tomo I *Elém. de la Méth.* ec.

d'infiniti, e d'infinitesimi, prova però, che il nuovo calcolo non ha bisogno di tali quantità, e che esso non consiste che „ in determinare algebraicamente il limite d'un rapporto, del „ quale si ha già l'espressione in linee, e in uguagliare que- „ sti due limiti, ciò che fa trovare una delle linee, che si „ cerca (*a*) „. Questa metafisica dell'Alembert è stata posteriormente con più estensione e chiarezza sviluppata dal Cousin (*b*), il quale la riduce al metodo de' limiti degli antichi, e si serve de' suoi principj per la maggiore illustrazione di tutto il calcolo infinitesimale. Ma che che sia della giustezza della nozione, e dell'esattezza de' principj metafisici del calcolo newtoniano, e del leibniziano, noi possiamo dire con verità, che questo è stato assai più utile, e vantaggioso a' progressi della geometría. Il calcolo delle flussioni fu assai più fecondo nelle mani del Newton, che il differenziale in quelle del Leibnitz; ma quello rimase quasi sepolto nell'Inghilterra, mentre questo si sparse gloriosamente per tutta l'Europa. Appena il Leibnitz propose negli Atti di Lipsia, come abbiamo detto di sopra, il nuovo suo metodo, i due dottissimi fratelli Bernoulli ne fecero tosto frequente ed opportuno uso nella soluzione di arduissimi, e fin allora insolubili problemi; e Giacomo ne diede due saggi negli Atti di Lipsia (*c*), e l'illustrò in varj scritti; e Giovanni fece ancor più, l'arricchì d'un nuovo ramo coll'invenzione del suo calcolo *esponenziale*, diventato poi sì fecondo in geometría (*d*), e scrisse lezioni del calcolo differenziale ed integrale, che sono state le prime lezioni, onde l'hanno imparato il Varignon suo accerrimo sostenitore, e promotore, l'Hôpital primo maestro, e rilevatore de' suoi arcani, e quasi tutti i più

(a) *Encycl. V. Calcul différentiel*. (b) *Disc. prél.* et ch. 11.
(c) 1691 Jan. p. 13, et Jun. p. 282. (d) *Act. Lips.* 1697.

illustri calcolatori dell'Europa. L'analisi degl'infinitesimi del l'Hôpital tirò il velo a' misterj del calcolo leibniziano, e mise nelle mani di tutti quel nascosto tesoro; e poi l'Eulero, i Riccati, l'Alembert, il la Grange, e i più chiari e sublimi analisti di tutta l'Europa hanno vie più arricchito il metodo leibniziano coll'invenzione di nuovi rami di calcolo, e con molte preziose scoperte, ed utili avanzamenti. Sonosi nondimeno a' nostri dì levati di nuovo alcuni algebristi contro le idee tanto battute, e ribattute degli infinitesimi, e cercano di mettere in voga il calcolo delle flussioni. Anzi un Bernoulli, della famiglia stessa di que' Bernoulli, ch'ebbero tanta parte nella sussistenza del calcolo infinitesimale, quanta lo stesso inventore Leibnitz, si dichiara apertamente pel calcolo newtoniano, che dice essere a giudizio di tutti i geometri più filosofico, e più rigoroso del leibniziano *(a)*; ed anche posteriormente il Caluso con maggiore forza d'ingegno, e copia d'erudizione combatte lungamente il calcolo degli infinitesimi del Leibnitz, rigetta anche il metodo de' limiti dell' Alembert, e fa regnar solo quello delle flussioni del Newton; e non solo il prova più giusto, e più filosofico, ma cerca eziandío di renderlo più facile e breve, riduce al medesimo tutte le nuove scoperte, e tutti gli avanzamenti fatti nell'infinitesimale, e si studia col più ingegnoso impegno di chiamare al calcolo newtoniano tutto il corteggio degli analisti, che ora è occupato nel leibniziano *(b)*. Noi lasciamo a' matematici il decidere de' vantaggi di simili cambiamenti, e desideriamo, che sotto qualunque siasi nome, sotto qualunque aspetto teorico si voglia riguardare, acquisti la pratica del nuovo calcolo maggiori avanzamenti, onde poterci sempre più

(a) *Mém. de l'Acad. des Sc. de Turin*, an. 1764-1765. (b) Ivi an. 1786-1787.

inoltrare ne' segreti misteri della geometría, e delle altre scienze.

Serie infinite.

Il nuovo calcolo, sì nelle mani del Leibnitz, che in quelle del Newton, aveva continuo bisogno delle serie infinite, alle quali può dirsi, che doveva la sua nascita; e quindi si levò allora a maggiore splendore la teoría di tali serie. Non vorrei comparire strano amatore di paradossi col ripetere il principio di questa dal libro delle *Serie geometriche* di Gregorio di San Vincenzo: ma chi ben esamini le bellissime invenzioni, e gli utili metodi, che su questo punto ritrovansi in quel libro, non avrà difficoltà di riconoscervi i fondamenti di questa, per così dire, nuova scienza, intorno alla quale lo studio degli algebristi è stato di ridurla all'agevolezza, brevità, e generalità de' segni aritmetici, e delle algebraiche operazioni. Di questo debbonsi al Wallis i primi onori, il quale oltre i lumi, che recò colle proprie scoperte a questa nascente teoría, le giovò eziandío col dare eccitamento al Brounker, per ritrovare la famosa serie, che ha forma d'una frazione, il cui denominatore è un intiero più una frazione, e parimente il denominatore di questa, e così all'infinito, che è stata più conosciuta e celebrata sotto il titolo di *frazione continua*. Il Mercator diede nella sua *Logaritmotecnia* maggior estensione alla dottrina delle serie, ed aprì in qualche modo la via al Leibnitz pel calcolo infinitesimale. Il Gregorj eziandío fece nuovi avanzamenti in questa teoría. Ma al Leibnitz, a' Bernoulli, al Taylor, al Cotes, e incomparabilmente più di tutti al sublime genio del Newton dèe la dottrina delle serie il vedersi innalzata a formare un ramo rispettabile della scienza analitica. Lo Stirling, il Moivre, l'Eulero, il Riccati, ed anche i viventi la Grange, la Place, Fontana, Lorgna, e quasi tutti i maggiori ingegni amatori delle analiti-

che speculazioni, dopo l'invenzione del nuovo calcolo sinò a questi dì si sono particolarmente applicati ad arricchire di nuovi lumi la dottrina delle serie, e formano le loro delizie di cercare sempre maggiori accrescimenti ad una teoría, che può giustamente riguardarsi come l'unico stromento per alcune più fine e sottili operazioni, e come l'ultimo rifugio delle matematiche sublimi (*a*). Così coll'introduzione del nuovo calcolo si è formato un corpo di dottrina algebraica su le serie infinite, che non solo è stato utile allo stesso calcolo, ma ha servito eziandío a molt'altre scientifiche speculazioni. Colla dottrina delle serie, e colla più raffinata perfezione di tutta l'algebra prese anche maggior vigore il calcolo della probabilità, e si formò un ramo della scienza analitica. Dopo i primi saggi di sopra accennati del Pascal, dell'Ugenio, del Leibnitz, del Petty si diede il Montmort a maneggiare intimamente questo calcolo, e trattare a fondo l'analisi de' giuochi (*b*), e presentando in vece di spirali, di cicloidi, di logaritmiche, e d'altre curve il faraone, la bassetta, l'ombre, il trictrac, scoprì, come dice il Fontenelle (*c*), un nuovo mondo a' geometri. Vi accorsero questi subito con incredibile ardore; e dopo i Bernoulli, che tosto misero mano ad illustrar questo, come tutti gli altri rami dell'algebra, e dopo il Moivre, che non tardò guari a dare un'opera originale e classica su la *dottrina degli azzardi*, e che, a sentimento del la Place (*d*), e del Fontana (*e*), giudici i più competenti in questa materia, ancor dopo tanti illustri scrittori su la medesima, merita sopra

Calcolo della probabilità.

(a) Veggansi oltre le Opere de' citati antichi le *Memorie* dell'Accademia di Parigi, di Pietroburgo, di Berlino, di Torino, e della Società Italiana.

(b) *Essai d'anal. sur les jeux de hasard*. (c) *Eloge de Monsieur Montmort*.

(d) *Meth.* etc. *présenté à l'Acad. des Sc.* tom. vI. (e) *Diss. sopra il com. dell'er. prob. nelle Sper. ed Osserv.*. *Pref. alla trad. del Moivre*.

tutti gli altri la preferenza, vediamo Simpson, Deparcieux, Eulero, Alembert, la Grange, la Place, Condorcet, Fontana, Lorgna, e quasi tutti i più distinti algebristi impiegare i loro studj, e le loro meditazioni a trovar nuovi metodi, immaginar nuove formole, inventar nuovi usi, e rendere più sicure ed esatte le operazioni della nuova arte, e faticare caldamente per assoggettare a' lor calcoli la fortuna e l'azzardo, come a' calcoli fanno arrendersi l'incostante Luna, e gli altri esseri della natura: e il calcolo della probabilità è diventato uno de' soggetti, che più chiamano in questi dì l'attenzione de' profondi algebristi. Il calcolo differenziale, la dottrina delle serie, il calcolo della probabilità, Newton, Leibnizio, i Bernoulli, l'Hòpital, e gli altri grand'uomini lor coetanei recarono all'algebra tal perfezione, e l'arricchirono di tanti miglioramenti, che si può dire essere dalla fine del passato secolo, e dal principio di questo diventata una nuova scienza.

Nuovi progressi dell' algebra nell' Inghilterra;

Nuovo ardor, nuovo impegno s'eccitò allora in tutta l'Europa per la migliore cultura, e pel maggiore avanzamento della dottrina algebraica. L'Allejo, il Taylor, il Cotes, lo Sterling, il Campbell, il Maclaurin, e molt'altri inglesi riguardavano con particolare affetto una scienza, che tanto onore aveva procacciato al Newton, e all'Inghilterra, nè sapevano darsi pace, se non giungevano colle loro speculazioni ad arricchirla di nuove scoperte. Piene sono le *Transazioni filosofiche* della R. Società di Londra di nuove ed utili illustrazioni della scienza algebraica; e le opere del celebre cieco Saunderson, quelle del profondo analista Simpson, ed altre d'altri non pochi, lette e studiate in tutta l'Europa, sono un chiaro monumento dell'ardore di quella dotta nazione in promovere tali studj. Nuovi lumi eziandío ricevevano

Nella Francia;

questi nella Francia; e il Varignon vigorosamente sostenne, ed ampliò dottamente il contrastato calcolo differenziale, e a varie parti dell'algebra applicò con profitto le ingegnose sue meditazioni; e il Rolle, tuttochè avversario implacabile del nuovo calcolo, fu nondimeno col suo metodo *delle cascate*, e con altre sue invenzioni molto benemerito dell'algebra, a cui ebbe il coraggio di sacrificare le sue voglie, i suoi pensieri, e tutto sè stesso; e il Lagny, il Prestet, il Reyneau, senza essersi distinti con grandi scoperte, resero non pertanto importanti servigj alla scienza analitica; e il Gua col mostrare gli *usi dell'analisi del Cartesio*, col dimostrare la regola cartesiana per conoscere il numero delle radici positive, e negative (*a*), col ricercare con nuovo metodo il numero delle radici reali, e delle immaginarie (*b*), e con altre analitiche speculazioni non solo fece onore al Cartesio, ma recò molto giovamento a tutta l'arte algebraica. Nè meno avida fu la Germania di prendersi parte negli accrescimenti di quest'arte, che per le molte, e vantaggiose scoperte fattevi dal Leibnizio, e dai Bernoulli poteva con qualche diritto riguardare come sua. Infatti il Goldbach, il Mayer, l'Erman, il Cramer, il Wolfio, ed altri parecchj fecero onorata corte a quest'arte, e le offrirono pregievoli presenti. Gli italiani, padroni una volta, e maestri, e in gran parte creatori dell'algebra, sembravano averla quasi obbliata, e rivoltisi ad altri studj pareva ch'avessero lasciato in balía d'altre nazioni quello, che un tempo si poteva dire tutto loro. Ma alla fama del nuovo calcolo, e de' portentosi voli, a cui col suo mezzo levavasi la geometría, si scossero vivamente, ripresero lo studio algebraico, e ben tosto gli fecero sentire la benefica

Nella Germania;

Nell'Italia.

(a) *Acad. des Sc. an.* 1741. (b) Ivi.

loro mano. Giacomo Riccati, il Fagnani, Gabriello Manfredi, ed il Grandi s'inoltrarono al primo slancio ne' secreti misterj del nuovo calcolo, ed arricchirono l'analisi finita, e l'infinitesimale di nuove formole, e di lodate scoperte. La sola Italia può vantare una nuova Ipazia nella celebre Agnesi, autrice di due tomi d'istituzioni analitiche, esposte con molta intelligenza e dottrina, e colla maggiore chiarezza, tanto più maravigliosa e lodevole dell'antica Ipazia, quanto è più vasta e sublime l'analisi de' nosrri dì che quella di Diofanto.

Nuova rivoluzione dell' algebra.

Ma ancor una nuova e non men gloriosa rivoluzione è venuta prima della metà di questo secolo agli studj algebraici. Niccola e Daniele Bernoulli, emuli del loro padre Giovanni, e dello zio Giacomo, illustrarono in opere originali il calcolo della probabilità, e le equazioni algebraiche, crearono nuovi metodi degni di chiamare l'attenzione de' più illuminati geometri, sottopposero alle formole analitiche le più astruse scienze, e di nuovo splendore coronarono l'algebra. L'Accademia delle scienze di Parigi sentivasi risonar di continuo colle profonde ricerche d'algebraiche verità. Il Niccole si fece suo il metodo proposto appena dal Leibnitz pel caso irreducibile col mezzo delle serie, lo sviluppò, rischiarollo, e ridusselo a maggiore semplicità, a più facile applicazione, ed a più prossima verità *(a)*. Su la dottrina tanto importante delle radici, su la risoluzione delle equazioni, su le equazioni differenziali, su le altre parti dell'algebra sparge dottamente il Fontaine i suoi lumi *(b)*. E pel caso irreducibile, e per trovare le radici razionali, e per l'integrazione, e la costruzione delle equazioni differenziali, e per molt'altri punti dell'algebra ha dati nuovi lumi il Clairaut, il quale al

Clairaut.

(a) *Acad. des Sc. an.* 1738 *et* 1741. (b) Ivi 1734, 1739, 1747, ec.

merito d'inventore ha aggiunto quello non tanto glorioso, ma non men utile, di spositore, ed ha arricchite le scienze d'un'opera elementare nel suo genere originale, dove sembra che voglia, anzi che insegnarla, far inventare l'algebra a' suoi lettori, e dove si mostra ugualmente sagace inventore che valente maestro. Le scoperte, che fece ne' suoi scritti algebraici, e il pieno possesso, che mostrò dell'analisi in tutte le sublimi sue ricerche, l'innalzarono in breve sopra i suoi nazionali, e lo fecero riguardare come il principe degli analisti francesi. Ma sorse a contendergli questa gloria, e a dividere con lui il principato il celebre d'Alembert, il quale, benchè di lui alquanto più giovane, e benchè incominciasse la sua carriera matematica, quando già il Clairaut godeva la fama più universale, giunse però in breve tempo ad uguagliare, ed ancor superare la sua celebrità. Non furono i progressi dell'Alembert sì rapidi e primaticcj, sì straordinarj, e portentosi, come que' del Clairaut; nè compose egli nella sua puerizia opere matematiche da far onore a' più provetti e maturi geometri; ma nella sua gioventù spiccò un volo sì alto, che si mise tosto al lato del Clairaut, superiore agli altri suoi nazionali. Il calcolo delle differenze parziali da lui inventato, il nuovo suo metodo de' coefficienti indeterminati, la riduzione delle quantità reali ed immaginarie all'espressione più semplice, il calcolo delle funzioni razionali ed irrazionali, il maneggio delle formole, l'esattezza delle dimostrazioni, e mille sottigliezze analitiche, che si trovano sparse nelle sue opere, resero in breve tempo l'Alembert il soggetto della venerazione di tutta l'Europa, e il maestro degli algebristi. Mentre la Francia si compiaceva in questi giovani suoi eroi, opponevale la Germania l'Eulero poco meno giovine di loro, nè temeva con questo solo di dover restare in-

Alembert.

Eulero.

feriore nel paragone de' due francesi. Non v'è parte alcuna in tutta l'analisi, che l'Eulero non abbia ridotta a maggiore perfezione, ed arricchita di nuove scoperte. Lamentavasi il Leibnizio (*a*) di vedere abbandonata da' geometri l'algebra di Diofanto, dalla quale credeva si dovessero sperare molti vantaggi: e infatti dice lo stesso Eulero (*b*), che non solo niente s'era avanzata quell'analisi dopo il Fermat, ma ch'era anzi stata negletta affatto da' posteri: egli dunque volle farla risorgere, e dimostrò molte proposizioni del Fermat verissime, ed utilissime, ma non dimostrate da lui, nè da altri, ed inventò da sè molti teoremi, che niente cedono a que' del Fermat, e vi fece tante e sì belle scoperte, che la indennizzò pienamente della specie d'indifferenza, con cui l'avevano riguardata gli altri geometri (*c*). Il Leibnizio, e il Bernoulli, quantunque amici strettamente fra loro, e sinceramente amanti della verità, non poterono mai accordarsi sul valore de' logaritmi de' numeri negativi, ed immaginarj; e questa gran questione, che era stata tanto dibattuta da que' due intimi amici, e sommi geometri, teneva poi divisi i più insigni matematici del nostro secolo; l'Eulero giunse a deciderla, e divenne in qualche modo l'arbitro de' sovrani dei dell'analisi, e di tutti i mortali ammiratori, e sostenitori dell'uno, o dell' altro (*d*), finchè non sorse poi l'Alembert ad appellare dalla sua decisione, e rinnovare la lite nel tribunale della nuova algebra più illuminata. I nuovi teoremi, di cui ha arricchito il calcolo differenziale, e l'integrale; gli eccellenti trattati, che ha dati su questi, e che formano il corpo di dottrina

(a) *Act. Lips.* 1702. *Spec. sur anal.* etc.

(b) *Acad. Petr.*, *Nov. Comm* tom. II.

(c) *Acad. Petr.* tom. XIV, et *crov. comm.* tom. I, II, etc. *Elem. d'Algeb.*

(d) *Acad. de Berl.* tom. V.

più pieno, e più perfetto, che abbiamo in questo genere; gli utili accrescimenti, e gl'importantissimi miglioramenti, che ha recati alla frazione continua del Brounker, alla teoría delle equazioni di condizione di Niccola Bernoulli, al calcolo delle differenze finite del Taylor, a quello delle differenze parziali dell'Alembert, e a quanti nuovi metodi sono venuti ne' suoi giorni alla luce; il suo calcolo de' seni e de' coseni; l'infinite sue scoperte intorno alle serie, intorno alla risoluzione delle equazioni, all'eliminazione delle incognite, ed a tutti i punti dell'algebra più astrusa; la semplicità ed eleganza delle sue formole; la chiarezza de' suoi metodi, e delle sue dimostrazioni; l'ordine metodico delle sue opere, e tutte le parti d'un sommo analitico pienamente da lui possedute hanno prodotta un'utile rivoluzione nell'algebra, nella geometría, e in tutte le scienze esatte, ed hanno levato l'Eulero a maestro, e guida di quanti cercano d'innoltrarsi nelle scabrose ed aspre, ma diritte e sicure vie di quelle scienze. Tutti i matematici di qualche grido, che sono attualmente in tutta l'Europa, si possono chiamare suoi allievi, nè ve n'è alcuno certamente, che non siasi formato colla lettura delle sue opere, che non abbia ricevuto da lui formole, e metodi, e che nelle sue scoperte non sia stato guidato, e sostenuto dal genio del grand'Eulero. L'orbe letterario godè lo spettacolo di vedere l'impero matematico occupato per qualche tempo dal nobile triumvirato del Clairaut, dell'Alembert, dell'Eulero; ma per quanto fini e sottili geometri fossero i due francesi, bisogna pure, che cedano la mano al tedesco: l'immensa vastità delle ricerche, l'infinita quantità delle scoperte, l'indefessa continuazione degli studj, e la lunga sua vita gli diedero una superiorità, che gli stessi francesi illuminati, ed equi non gli vorranno contrastare.

Mentre tutta l'Europa teneva fissati gli occhi ne' matematici francesi, e nel tedesco, sorse un giovine italiano a divider con essi l'impero matematico e l'attenzione degli eruditi, e sottentrare al Clairaut, che mancò a que' tempi di vita, rapito alle scienze in troppo fresca e vegeta età. L'Italia aveva in breve tempo formati molti geometri, che coltivavano con particolare frutto, e con distinta lode l'analisi. Il grande genio del Boscovick non si potè appagare delle continue, ed ardue, e gloriose ricerche dell'ottica, e dell'astronomía; ma volle anche illustrare tutte le parti delle matematiche: e benchè più seguace ne' suoi voli della geometría, che dell'algebra, sparse pure su questa alcuni sì bei tratti di luce, che lo fecero guardare con rispetto da' più stimati algebristi. Profondo analitico, e padrone del calcolo si mostrò pure il Frisio nelle sue dinamiche, ed astronomiche disquisizioni. Ma il vero padre dell'algebra sublime nell'Italia può giustamente chiamarsi Vincenzo Riccati, il quale, emulo, e forse superiore a Giacomo suo padre, non solo diede maggiore chiarezza ed ampiezza alle regole, e a' metodi trovati da altri, ma egli stesso ne inventò alcuni nuovi, e sì nel *Trattato delle serie*, che negli *Opuscoli*, e nelle *Istituzioni analitiche* insegnò molte nuove, ed interessanti verità (*a*), e in tutto si fece conoscere un vero algebrista. Questi, ed altri illustri analitici, che in varie parti dell'Italia si vedevano spiccare, mettevano in credito presso i moderni geometri gli studj di questa nazione. Ma l'onore dell'algebra italiana, il degno rivale degli Euleri, e degli Alembert, il maestro di tutte le nazioni, l'oracolo di tutti i matematici, altri non è che il la Grange, il quale fin dalle prime produzioni della giovenile

Boscovick.

Frisio.

Riccati.

La Grange.

(a) *Opusc.* tom. I, ope. IV; tom. II, ope. IV, et al. *Instit. anal.* lib. I, cap. XII; lib. III, cap. V, et al.

sua età mise l'Italia nella cultura dell'algebra più sublime al livello colle più dotte nazioni, che per l'avanti non poteva riguardare che come sue maestre. Al primo suo comparire nell'Accademia di Torino, a guisa d'una statua di Fidia, come dice Tullio d'Ortensio, appena veduto fu ammirato, e lodato: coll'aprire la bocca quest'Orfeo analitico tenne tosto sospesi, e pendenti dalla sua voce non che i mediocri matematici, gli stessi dei dell'analisi, l'Eulero, ed il d'Alembert, i quali, quantunque riconosciuti maestri di tutta l'Europa, s'applicarono nondimeno a studiare, e ad apprendere dal nascente geometra. Il calcolo delle variazioni, il nuovo metodo per le serie ricorrenti, ed altre sublimi scoperte, sposte nell'Accademia di Torino, furono le prime lezioni, ch'ei diede dalle sconosciute soglie di quell'Accademia alle più celebri scuole, alle più nobili università, ed alle più venerate accademie di tutta l'Europa, e fecero tosto riguardare con rispetto il giovine maestro, e la nascente accademia. Il suo fecondo ingegno ha seguitato, e tuttora seguita a crear nuovi metodi, produr nuovi teoremi, ritrovar nuove dimostrazioni, e trarre dal fondo della natura nuove ed interessanti verità. Emulo del grand'Eulero non ha lasciata parte dell' algebra, e può anche dirsi di tutte le matematiche, che non abbia vestita di nuove forme, e non l'abbia talmente accresciuta, ed ornata, che possa in qualche modo chiamarsi nuova; ed egli dèe avere la compiacenza, di cui solo hanno potuto godere il Newton, l'Eulero, ed altri pochissimi, di vedere il suo nome alla fronte di quanti scritti si fanno leggere in quelle materie, e possono vantare qualche merito e celebrità. L'inferma salute, e la troppo delicata complessione dell'Alembert l'avevano da gran tempo distolto dalle ardue ed astruse meditazioni algebraiche, e rivoltolo all'amenità

delle belle lettere, e dopo la morte del Clairaut e del Fontaine, e l'indebolimento dell'Alembert, l'Accademia delle scienze di Parigi non levava sì alto la voce nelle ricerche analitiche, come quella di Berlino, che possedeva il la Grange, e quella di Pietroburgo, dove siedeva l'Eulero.

Ma la Francia, che aveva prodotto all'algebra un Vieta, un Fermat, un Cartesio, un Hôpital, un Varignon, un Fontaine, un Clairaut, un Alembert, e tant'altri maestri di quella scienza, vedeva mal volontieri rivolti gli occhi di tutta l'Europa a Berlino, ed a Pietroburgo, e poco curato il suo Parigi, e suscitò il genio del valoroso la Place, che sottentrò al quasi tacente Alembert, e tenne in equilibrio l'algebra francese con quella dell'Eulero, e del la Grange. Or l'Accademia delle scienze di Parigi gode la fortunata e gloriosa sorte di rinchiudere nel suo seno i due sommi maestri dell'algebra la Grange, e la Place, e può giustamente chiamarsi la Delo dell'Europa matematica, a cui debbano ricorrere quanti saper vogliano le più recondite verità, e consultare i veraci oracoli di quelle scienze. Al lato di questi supremi dei siede onoratamente in quell'olimpo scientifico il Condorcet; e il Cousin, il Bossut, il Monge, ed altri nobili eroi rendono quell'Accademia sempre più degna del divoto culto, e della religiosa venerazione degli amatori dell'algebra, e generalmente delle matematiche, e di tutte le scienze. L'Italia, benchè priva del suo la Grange, e spogliata in poch'anni del Riccati, del Frisio, e del Boscovick, non è rimasta però sprovveduta di valenti algebristi, che facciano onore a' suoi studj. Quanti astrusi punti dell'analisi non ha rischiarati il Fontana in varj suoi scritti, recandovi nuove cognizioni, ed utili verità? Che pieno possesso, e singolare maestría del calcolo non ha mostrato in tutti? Il Lorgna ci presenta un nuovo calcolo,

La Place.

Altri algebristi.

nuove serie, e nuove ed utili vedute su varj punti dell'algebra. Il Paoli, il Ferroni, il Canterzani, ed altri matematici italiani coltivano con ardore, e con profitto quest'importante studio, e cercano gloriosamente d'avanzarlo con molte scoperte; e il Niccolai più coraggioso vuole rovesciare i fondamenti non abbastanza sicuri, a cui finor s'è appoggiata l'algebra, e fondarla più sodamente su tre suoi metodi generali, ed affatto nuovi, del cui merito, che sinora ha avuti, come tutte le novità, panegiristi, e avversarj, lasciamo decidere al tempo, e alla comune accettazione de' matematici. Co' lumi di questi, degli alemanni Fuss, e Bernoulli, e di molt'altri algebristi, che in quasi tutte le nazioni della colta Europa fioriscono, possiamo giustamente sperare, che avanzi sempre più quella scienza; che si dia maggiore semplicità ad alcune formole, e maggior estensione ad altre; che si formino nuovi metodi, onde eliminare incognite, e levare quantità immaginarie; che si tolga alle regole ogni dubbiezza ed oscurità, e che insomma riceva tutto il calcolo maggiore finezza, e perfezione, e diventi sempre più utile a tutte le matematiche discipline. L'algebra è veramente la chiave, che serve ad aprire i più secreti nascondiglj delle scienze esatte; è lo stromento, con cui si possono fare in esse i più pronti e sicuri progressi: quanto più si avrà a cuore l'avanzamento delle scienze, tanto più si dovrà fare ogni studio di limare, e raffinare questo loro stromento, tanto più si dovrà dare opera per recare tutta la possibile perfezione all'arte algebraica, che incominciata per uso dell'aritmetica, è poi passata al maneggio della geometría, ed or domina quasi sovrana, ed arbitra in tutte le scienze.

CAPITOLO IV.

DELLA GEOMETRIA.

Egli è assai verisimile, che nell'Egitto, dove si facevano tanti canali, tanti argini, sì grandi laghi, sì immense fabbriche, e tante, e sì porsentose opere, che esigevano geometriche cognizioni, dove i sacerdoti liberi dalle pubbliche occupazioni e d'altri pensieri potevano comodamente attendere alle scientifiche meditazioni, dove le scienze infatti fiorivano, e dove dalle straniere nazioni accorrevano gli studiosi ad appararle; che nell'Egitto, dico, fosse nata, coltivata, e promossa la geometría, innalzata da' meccanici lavori, e dalle pratiche operazioni alle astratte e generali teoríe. Ma che potremo noi dire della geometría degli egiziani, se non che merissime congetture? I pochi progressi, che sotto la loro disciplina fecero gl'ingegnosi e studiosi greci, danno un argomento più forte della scarsezza de' lumi degli egiziani, di quanti ce ne possano presentare del loro sapere alcune oscure espressioni degli antichi, ed alcune loro memorie, che soffrono diverse interpretazioni. Quale stima potremo avere della geometría degli egiziani al sentire rapito in ammirazione il re Amasi per vedere Talete, che col misurare l'ombra del suo bastone, e quella d'una piramide sapeva conchiuderne l'altezza di questa *(a)*? Se dopo lungo studio dell'egiziana geometría Talete, per avere, come dice Laerzio *(b)*, formato nel semicircolo un triangolo rettangolo, e Pittagora per avere ritrovato il quadrato dell'ipotenusa uguale a quel de' due lati, esultarono di piacere, e fecero un sagrifizio alle Muse;

Origine della geometría.

(a) Plutarc. *in Conviv.*, Laert. *in Thalete*. (b) *In Thal.*

potremo concepire un'idea molto vantaggiosa della scienza egiziana? Da' greci dunque prenderemo il principio della storia della geometría, dove ci si offrono fatti, su cui poterla fondare. Veramente i primi progressi de' greci sono assai brevi, e ristretti, e provano la profonda ignoranza, in cui si trovavano quando si diedero a coltivare tali studj; ma reca piacer nondimeno il vedere la geometría passare nelle lor mani dall'infantile sua picciolezza alla più elevata maturità, vederla camminar da principio co' timidi, e vacillanti passi di Talete, e di Pittagora, e superare poi i più alti e disastrosi monti di difficoltà co' voli d'Archimede, e d'Apollonio. Laerzio (*a*) cita un Meri, che inventò, com'ei dice, i principj degli elementi della geometría; ed un Euforbo frigio (*b*), che, secondo il testimonio di Callimaco, incominciò ad istituire qualche dottrina su' triangoli scaleni, e su le linee. Ma d'uopo è, che Meri ed Euforbo non ispargessero i loro ritrovati, nè facessero allievi in quella scienza, mentre vediamo i greci studiosi accorrere all'Egitto per impararla, e contarsi comunemente Talete pel primo introduttore della geometría fra' greci. Talete adunque ritornato dall'Egitto formò in Mileto una scuola filosofica, dove gettò i primi semi della geometría, che tanti, e sì nobili frutti resero dopo alquanti secoli nella Grecia. Egli promosse, ed ampliò la dottrina d'Euforbo su' triangoli scaleni, e su altre figure geometriche (*c*); egli, secondo il testimonio di Pamfila citata da Laerzio, trovò il modo di descrivere in un semicircolo un triangolo rettangolo, cioè scoprì la proprietà del circolo, che ogni triangolo, che ha per base il diametro, e tocca coll'angolo opposto la circonferenza, avrà quest'angolo retto; egli

Principio della geometría de' greci.

Talete.

(a) *In Pithag.* XI. (b) *In Thalete* III. (c) Laert. *in Thal.*

insomma fece molte scoperte (*a*), che gli acquistarono il nome di geometra, e lo fecero riguardare da' posteri come il padre della greca geometría. Dalla scuola di Talete uscì Anassimandro anch'esso geometra; e se vero è, come dice Suida (*b*), ch'Anassimandro abbia composto un compendio di geometría, questo prova essersi molto promosso, ed avanzato tale studio: non si pensa a formare compendj delle scienze, se non vi sono molte scoperte, molte opinioni, molte teoríe da compendiare. Mentre Talete nella Jonia promoveva la geometría, Pittagora le dava nell'Italia notabili accrescimenti. Celebre è la sua scoperta d'essere uguale ne' triangoli rettangoli il quadrato dell'ipotenusa al quadrato de' due lati presi insieme (*c*). Egli dimostrò, che di tutte le figure solide la più grande (anzi che la più bella, come dice Laerzio) è la sfera, e il circolo di tutte le piane (*d*); onde fece in qualche modo nascere il primo saggio della dottrina degl'isoperimetri. Un mediocre geometra de' nostri dì deriderà le cognizioni, e lo spirito de' greci, i quali riguardavano come sforzi d'ingegno de' primi maestri quello, che ora non è che un piccolo giuoco pe' più deboli principianti. Ma chi riflette alle gravissime difficoltà, che s'offrono a' primi inventori in qualunque scienza, e alla contenzione di mente, ch'abbisogna chi senza principio alcuno, a cui appoggiarsi, cerca di generalizzare le proprietà di alcune figure, e formare da sè senza verun precedente ajuto alcuni teoremi, crederà, che non si vuole minore forza d'ingegno per arrivare dal niente a paragonare fra loro, e col circolo i triangoli, a trovare la proporzione d'alcune linee, e de' loro quadrati, a decidere sopra la maggiore grandezza, a paragonare fra loro le figure piane e le solide, ed a fare

Pittagora.

(a) Proclus *in Euclid. comm.* lib. III. p. I- (b) Anaxim.
(c) Tull., Laert. et alt. passim. (d) Laert. *in Pyth.* XIX.

le piccole scoperte di Talete, e di Pittagora, che per passare dalle dottrine del Cavalieri, del Fermat, del Barrow alle sublimi scoperte del Newton, del Leibnitz, e de' Bernoulli. Le scuole di Talete e di Pittagora produssero molti geometri, ed altri ne uscirono dalla Grecia senza essere venuti da quelle scuole. Noi leggiamo in Laerzio (*a*) quante opere geometriche compose Democrito; e il vederlo trattare del contatto del circolo e della sfera, delle linee irrazionali e delle solide, e di tant'altri punti geometrici ci mostra assai chiaramente quanto egli fosse andato avanti nella geometría.

Avanzamenti della geometría.

Invano or noi vorremmo seguire distintamente la storia de' progressi fatti a que' tempi dalla geometría per opera d'Archita, d'Eraclide pontico, d'Ippocrate chio, di Filolao, di Platone, e d'altri illustri matematici: troppo sono scarse, ed oscure le notizie, che sono fino a noi pervenute delle geometriche loro fatiche, per poterle giustamente descrivere; ma diremo bensì in generale, che quasi tutte le proposizioni, che formano anche oggidì gli elementi della geometría, sono state scoperte di quell'età, e che l'alte speculazioni, in cui vediamo occupati i geometri di que' secoli, provano abbastanza, che s'era già di molto avanzata la geometría. La quadratura del circolo, la duplicazione del cubo, la trisezione dell'angolo sono i problemi, che discutevansi da que' geometri; e non potevasi pensare a simili problemi, se non fossero state già prima ritrovate molt'altre verità necessarie a tali ricerche. La quadratura del circolo ha impegnata per la sua difficoltà l'attenzione de' geometri di tutti i secoli fino al nostro, ed ha fatto produrre alla geometría notabili avanzamenti. Pur non ostante l'arduità del problema noi vediamo occupati gli an-

Quadratura del circolo.

(a) *In Democr.* XIII.

tichi geometri in cercarne la soluzione. Plutarco *(a)* ci dice, ch'Anassagora chiuso nella carcere formava il suo dilettevole trattenimento di ricercare la quadratura del circolo. E un tal fatto d'Anassagora, mentre ci fa credere, che fosse questo allora un problema assai agitato, non parendo verisimile che ad un carcerato nascesse il pensiero di faticare dietro ad un problema sì arduo non ancor tentato da alcuno, ci prova altresì, ch'erano già fino dal tempo d'Anassagora assai estesi i lumi della geometría, quando s'inoltravano i geometri a tali ricerche. Infatti vediamo poco di poi il comico Aristofane mettere in iscena un geometra, e fargli offrire di misurare l'aria, e di quadrare il circolo, quasi che questa fosse una materia molto allora discussa da' geometri *(b)*; ed Aristotele *(c)* cita tre differenti quadrature del circolo, inventate già a quel tempo da Ippocrate chio, da Brissone, e da Antifonte. La ricerca di quella quadratura cominciò ben presto a produrre avanzamenti nella geometría; e devesi ad essa la quadratura della lunula d'Ippocrate chio, su la quale vediamo ancor occuparsi utilmente l'Hôpital, ed altri moderni *(d)*, e la quadratrice di Dinostrato, la quale prese da questa ricercata proprietà il nome di *quadratrice*.

Duplicazione del cubo.

La duplicazione del cubo era un altro problema, che teneva in agitazione i geometri. Io non mi tratterrò su la favola della peste, e dell'oracolo di Delo, che non volle che restasse l'Attica libera di quel malore sinchè non fosse duplicata la sua ara, e come quest'ara era cubica, quindi chiamavasi *Deliaco* il problema della duplicazione del cubo. Ma certo egli è, che i più valenti geometri s'impegnarono in quella ricerca, facile in apparenza, ma in realtà troppo ar-

(a) *De Exil.* (b) Negli *Uccelli* sc. del Geometra, e Pistetero.
(c) I. Elench. (d) *Acad. des Sc.* 1701.

dua, ed astrusa per le cognizioni di quell'età. Vane pertanto, ed inutili riuscirono tutte le loro ricerche. Il primo passo per la soluzione del problema era conoscerne la difficoltà. Questa sfuggì da principio agli occhi de' greci geometri; ma dopo inutili tentativi fu finalmente riconosciuta. Il sopra lodato Ippocrate di Chio fu il primo a conoscere, che per duplicare un cubo d'uopo è trovare fra il lato del cubo e il doppio d'esso lato due medie proporzionali, e che la prima di queste medie sarà il lato del cubo duplicato, che si ricerca *(a)*. Il gran Platone studiò con diligenza il problema, e giunse a formarsi uno stromento, onde sciorlo meccanicamente, ma senza la dovuta esattezza *(b)*. Eudosso, geometra non men famoso, trovò un'altra soluzione col mezzo di certe curve da lui inventate; e questa, benchè disprezzata da Eutocio, fu lodata da Eratostene, testimonio più autorevole, perchè più vicino a quel tempo, e perchè occupato anch'egli nella ricerca del medesimo problema. Archita tarentino fu il primo, al dire di Laerzio *(c)*, appoggiato al testimonio di Platone, che ritrovasse in geometría la richiesta duplicazione del cubo. Menecmo ne diede due soluzioni, e queste ci fanno vedere due altre interessantissime materie delle ricerche degli antichi geometri, che mostrano nelle loro cognizioni notabili avanzamenti. Tali sono le sezioni coniche, e i luoghi geometrici. I geometri, non contenti delle cognizioni acquistate su' triangoli, e su' circoli, e su le proprietà di varie linee, e figure, pensarono a cercare altre curve, che occupassero la loro studiosa curiosità, e le trovarono col tagliare un cono in diverse guise, ed osservare le curve, che quindi nascevano. Così trovarono l'ellisse, la parabola, e l'iperbole,

Sezioni coniche.

(a) Procl. *in Eucl.* (b) Eutocium *ad Archim.* lib. II *De Sphaera et Cilindro*.
(c) *In Archyta* VII.

e quali presero il nome di *sezioni coniche*, perchè formate colla sezione del cono; ed il triangolo, e il circolo, che vi si trovano parimente, benchè già prima assai conosciuti. Alcuni vogliono attribuire ad Eudosso l'invenzione di tali curve. Certo è, che le suddette soluzioni di Menecmo discepolo d'Eudosso si fondano su cognizioni assai profonde di quelle lezioni, che provano quanto si fossero già inoltrati i geometri nelle loro investigazioni. Oltre di che Apollonio, che si può riguardare come il maestro di tali curve, altro non fece che compire i quattro libri de' conici d'Euclide, ed Euclide seguì soltanto la dottrina d'Aristeo illustre scrittore *(a)*; e questi scrivendo i suoi cinque libri d'elementi conici, gli spose con una brevità, che prova essere quelle materie assai conosciute ed illustrate da' geometri, che l'avevano preceduto. Un'altra speculazione si vede anche di que' secoli, che fa molt'onore alla loro geometría. Quest'è de' luoghi geometrici, ossia di quelle linee diritte, o curve, delle quali ciascun punto risolve ugualmente un problema indeterminato, o capace d'infinite soluzioni. Questi luoghi geometrici sono di grand'uso nelle matematiche: e gli elogj, che hanno riportati il Cartesio, il Fermat, ed altri geometri moderni pel buon maneggio che n'hanno fatto, possono provare abbastanza quanta sia la loro utilità. Gran lode dunque dovremo dare agli antichi geometri della scuola platonica, i quali non solo inventarono queste materie, ma le illustrarono con tanta ampiezza. Tre sorti diverse distinguevano di tali luoghi; e chiamavano *piani* que' che si contenevano in linee rette e in archi di circolo, *solidi* le sezioni coniche, e *lineari* l'altre linee o curve d'ordine superiore; e fino da' primi tempi li trat-

Luoghi geometrici.

(a) Pappo *Coll. Math.* lib. VII *De con. Apol.*

tarono tutti e tre con molta estensione ed intelligenza. Le sopraccitate soluzioni di Menecmo mostrano in lui un gran possesso di tali luoghi. De' soli luoghi solidi compose Aristeo cinque libri molto stimati dagli antichi, che il dotto geometra Viviani volle in qualche modo far conoscere a' moderni, e con molta sua lode compose intorno ad essi un'ingegnosa ed erudita *Divinazione*. Dopo Aristeo scrisse Euclide due libri de' *luoghi alla superficie*; scrisse Eratostene de' *luoghi alle medietà*; altri due libri lasciò Apollonio de' *luoghi piani*; e molt'altri scrissero di tali luoghi (*a*): e tutto prova quanto fossero andati avanti gli antichi geometri in quell'utilissima teoría. L'analisi geometrica, ossia quel metodo, che dal ricercato come concesso tirando conseguenze, e da queste passando ad altre conseguenze perviene a qualche proposizione evidentemente vera, o falsa ne' teoremi, possibile, od impossibile ne' problemi, è un'altra invenzione, che fa molt'onore agli antichi, particolarmente a Platone, a cui s'attribuisce la gloria dell'invenzione. Alcuni vogliono credere, che gli antichi fossero privi d'ogni nozione d'analisi (*b*). Ma anche senza ricorrere alle opere di Platone, d'Archimede, e d'altri antichi geometri, dove chiari esempj sen vedono, basta leggere Pappo, e Proclo per conoscere, che gli antichi avevano acquistate copiose, e giuste nozioni di tale metodo. Pappo (*c*), oltre l'uso che ne fece in tutti i suoi libri, nel principio del settimo spiega chiaramente che sia l'analisi, in quale guisa proceda, che usi abbia ne' teoremi e ne' problemi, a quali geometri possa esser utile, quai geometri l'abbiano trattata, e insomma ne parla in modo, che bisogna non averlo mai letto per sostenere che gli antichi non avessero alcuna no-

Analisi geometrica.

(a) V. Papp. lib. VII. (b) *Encycl. method. Math., Disc. prelim.*
(c) Lib. VII princ.

zione dell'analisi. Proclo anche ne parla spesse volte (*a*), e ne forma in qualche modo la storia. Platone, inventore di questo metodo, lo comunicò prima di tutti a Laodomante, il quale ne seppe ben tosto fare un ottimo uso. Teeteto ed Archita presero anche da Platone questo metodo; come pure Neocli, Eudosso, Menecmo, ed altri: e l'analisi fu sempre riguardata come un'utile e gloriosa invenzione della scuola platonica, di cui poi Euclide, Archimede, Apollonio, e i più sublimi geometri fecero molto uso. La trisezione dell'angolo è un altro problema, che occupò molto le meditazioni degli antichi, ed ha anche impegnata l'attenzione del Cartesio (*b*), e de' più sottili moderni. La facilità di dividere un angolo in due parti uguali per mezzo d'una dritta perpendicolare mosse i geometri a cercar anche di dividerlo in tre: ma dopo alcuni inutili benchè ingegnosi tentativi s'accorsero, che sol colla geometría piana, o colla riga, e col compasso non era da sperarsi tal trisezione, e che questa era come la quadratura del circolo, e la duplicazione del cubo un problema quasi insolubile; e il conoscere questa difficoltà è una gran prova dell'esattezza dell'antica geometría. Si studiarono nondimeno di cercare per altre vie la bramata soluzione, e adoperando l'iperbole, e la concoide ne ritrovarono alcune molto ingegnose, che vengono riportate da Pappo (*c*), e che fanno vedere quanto fossero andati avanti gli antichi nella geometrica sottigliezza. Quanto finora abbiam detto può abbastanza provare, che gli antichi avevano acquistate più distese e profonde cognizioni di geometría, che non si crede comunemente: ma v'è anche altra prova, che maggiormente ce ne può levare ogni dubbio. Fino da' tempi d'Alessandro

Trisezione dell'angolo.

(a) *In Eucl.* lib. II e III. (b) *Geom.* lib. III. (c) *Collect. Math.* lib. IV.

scrisse già Teofrasto quattro libri di storia della geometría, come dice Laerzio (a); e oltre di questi scrisse più copiosamente Eudemo rodio, discepolo anch'egli d'Aristotele come Teofrasto, un'altra storia della geometría, dalla quale molte notizie ricava Proclo (b); e questi pure non giungevano che a que' primi secoli, e fermavansi in Ermotimo, ed in Filippo, come gli ultimi geometri de' tempi della loro storia. Non avrebbe l'antica geometría prestati materiali per tanti libri di storia, se non avesse fatte molte scoperte, ed ottenuti gloriosi progressi.

Scuola Alessandrina.

Ma bisogna pur confessare, che il vero lustro dell'antica geometría non venne che ne' tempi posteriori dopo la fondazione della scuola d'Alessandria: allora gli Euclidi, gli Eratosteni, gli Archimedi, gli Apollonj, e tant'altri le fecero prendere un volo molto più alto, e comparire sotto nuovo, e più rispettabile aspetto. Euclide può riguardarsi come il padre, ed è veramente il maestro dell'antica geometría. Ippocrate chio fu il primo, come dice Proclo (c), che scrivesse elementi di geometría: dopo di lui Leone il geometra, Teudio di Magnesia, ed altri ne scrissero più compiuti; ma tutti restarono oscurati al comparire gli *Elementi* d'Euclide. Là si vedono raccolte, spiegate, e dimostrate, legate, ed unite in corpo di dottrina quante proposizioni di geometría elementare si trovavano isolate, e disperse negli scritti degli altri geometri, alle quali aggiunse anche alcuni libri d'aritmetica; e la sua opera degli *Elementi* si può dire il dovizioso magazzino delle ricchezze matematiche di quell'età. L'esattezza, e severità, con cui egli definì ogni parola, dimostrò ogni proposizione, e legò, e concatenò ogni cosa, si può

Euclide.

(a) *In Theophr.* XIII. (b) *In Eucl.* I. ec. (c) Lib. II *in Eucl.*

dire, che creò lo spirito geometrico, che tanto vantaggio ha recato all'avanzamento delle scienze, ed alla perfezione dello spirito umano. Gli elementi d'Euclide sono stati per tanti secoli il codice de' geometri, e il libro classico di tutte le scuole di geometría. Teone alessandrino, Proclo, e altri antichi si studiarono a comentarli. Gli arabi tradussero, comentarono, ed in varie guise illustrarono gli elementi d'Euclide, e seguendo le tracce del greco maestro poterono avanzare in quella scienza. I latini, che non li conobbero, non fecero per molti secoli che palpar tenebre copiando, ed alterando alcuni pochi principj di Boezio, o d'altri ancora men di lui intendenti della materia: i primi albóri della geometría vennero loro dalle traduzioni benchè imperfette degli elementi d'Euclide; e i primi maestri della geometría de' moderni, il Comandino, il Clavio, il Barrow; ed altri parecchj ancor più moderni credettero ben impiegate le loro fatiche nel tradurre, e comentare gli elementi d'Euclide. In questo secolo solamente si è voluto trovare macchie in quel luminare della geometría, e s'è tacciata quell'opera di troppe definizioni, e divisioni scolastiche, di troppa minutezza, e scrupolosità nel dimostrare le cose da sè stesse abbastanza chiare, di troppa sottigliezza, e di qualche sofistichería. Lascio a' veri e profondi geometri il decidere della giustezza di queste accuse: dirò soltanto, che il voto d'un Newton, e d'un Leibnitz, i più sublimi geometri, che abbia prodotti lo spirito umano, i quali grandemente approvavano il metodo e l'ordine, l'esattezza e il rigore degli elementi d'Euclide, l'approvazione d'un Wolfio scrittore sì accreditato in tale materia, le nuove edizioni del Keil, del Gregory, e anche a' nostri dì del più chiaro geometra dell'Inghilterra Roberto Simson deggiono avere maggior forza a favore del greco

maestro, che quante accuse gli muovono contro alcuni moderni, per quanto sieno celebrati; e che se il metodo di questi dà maggiore facilità, ed abbrevia, ed agevola l'intelligenza de' primi elementi, quello d'Euclide reca maggiore sicurezza alle dimostrazioni, e conduce a maggiore profondità nello studio di quella scienza; e che ad ogni modo gli elementi d'Euclide sono una delle opere, che maggiore vantaggio hanno prodotto alle scienze, e più hanno giovato allo schiarimento dello spirito umano. La principale celebrità d'Euclide è nata da' suoi elementi. Ma egli ebbe molt'altri meriti nella geometría: i suoi elementi resero più agevole, più chiaro, e più universale lo studio di quella scienza; i suoi dati, i conici, i luoghi alla superficie, e i porismi accrebbero le cognizioni, che si avevano di tali materie, e ampliarono i confini della scienza geometrica. Pappo, encomiatore di Euclide e di tutte le sue opere, loda particolarmente i *porismi* come un'opera piena d'arte e d'ingegno, e utilissima alla risoluzione de' più oscuri problemi. Euclide insomma si meritò per tutti i suoi scritti singolare riconoscenza dagli amatori della geometría, e guadagnò alla scuola d'Alessandria una pronta ed universale celebrità. Sarebbe divenuta a questa fatale la sua perdita, se non fosse stata compensata da altri ugualmente nobili successori. Uno di questi fu Eratostene, il quale genio enciclopedico, grammatico, antiquario, geografo, cronologo, filosofo, matematico ha fatto, che alla fronte della storia d'ogni scienza si legga scritto con distinta lode il suo nome. Le due profonde speculazioni de' geometri di quell' età, su l'analisi cioè, e su la duplicazione del cubo, occuparono lo studio d'Eratostene; ed egli scrisse utilmente dell'una e dell'altra. Pappo ci annovera Eratostene fra gli scrittori dell' analisi geometrica in compagnía d'Aristeo, d'Euclide, e d'A-

Eratostene.

pollonio, e cita a questo proposto due libri di lui delle medietà, o delle proporzioni (*a*). Eutocio ci ha conservata una lettera del medesimo al re Tolommeo, in cui gli spiega la sua invenzione per la duplicazione del cubo, su la quale scrisse anche un libro; e poi vediamo riportata da Pappo (*b*) la sua risoluzione di quel difficile ed intricato problema. Che se la dimostrazione d'Eratostene fu rigettata da Nicomede, nè si è meritata l'approvazione de' moderni geometri, egli non pertanto mostrò in essa non poco ingegno; e se non ha avuta la sorte di colpire nel vero segno, può consolarsi d'avere errato con Platone, e co' maggiori geometri dell'antichità, fra' quali ottenne, e conservera sempre un onorato e distinto luogo. Era bensì la scuola alessandrina feconda madre di matematici, non era però la sola, che ne producesse degli eccellenti.

Archimede.

Contemporaneamente ad Eratostene fioriva il grand'Archimede, per cui doverono Atene, Alessandria, e tutto il mondo geometrico ceder la palma alla sua Siracusa. La geometria ricevè dalle sue mani una sagacità, una sicurezza, un vigore, che parve di vedersi traspiantata in un nuovo mondo, donde incominciò a dominare spaziosi campi, e fecondi colli, che prima quasi non ardiva di riguardare. Che sublime spirito, e che nobil ardire non si voleva per pensare a determinare ne' circoli la ragione del diametro alla circonferenza! Pensiero, che aveva scoraggiati Euclide, e gli altri geometri, i quali contenti di stabilire, che le circonferenze sono in qualche ragione come i diametri, non avevano avuto il coraggio di determinare qual fosse quella ragione. Archimede vi si accinse animosamente; e parago-

(a) Lib. VII. (b) Lib. III.

nando ingegnosamente il circolo ad un triangolo, formando intorno al circolo poligoni iscritti, e circoscritti, e accrescendo più e più i lati di tali poligoni, venne a conchiudere, che il diametro del circolo è alla circonferenza meno che 1 a $3\frac{10}{70}$, e più che 1 a $3\frac{10}{71}$, che è quanto basta per conoscere a sufficienza la misura del circolo; e diede così a' geometri un esempio del metodo d'approssimazione sì utile, e sì frequentemente seguito, e di quello de' limiti, al quale il Maclaurin (*a*), il d'Alembert (*b*), il Cousin (*c*), e altri moderni riducono il tanto, e con tanta ragione encomiato calcolo *infinitesimale*. La scoperta geometrica, di cui più si compiaceva Archimede, e di cui volle conservarsi l'onore persin nel sepolcro, fu la piena, e dettagliata misura della sfera, e del cilindro, ch'egli minutamente determinò sì riguardo alla loro solidità, che alla loro superficie, e questa non solo de' corpi intieri, ma di ciascun loro segmento. Ma non furono queste le sole figure, che meritarono le sue illustrazioni. Le conoidi, e le sferoidi ottennero da Archimede la stessa esatta misura, paragonandole distintamente co' cilindri e co' coni, che hanno la medesima base, ed altezza. La quadratura della parabola fu anche una delle favorite sue scoperte; ed egli se ne loda coll'amico Dosisteo per avere intrapresa una misura da niun geometra ancor tentata, e per averla dimostrata con due diverse dimostrazioni, *matematica* (*d*), o meccanica l'una, l'altra geometrica. Più nome ancora gli hanno fatto nella posterità le molte, e sottili, ed utili sue scoperte su la linea, che gli propose, come dice Pappo (*e*), Conone Hamio geometra, e sommo suo amico. Quest'è la spirale, della cui area, delle tangenti, delle secanti, e di tut-

(a) *Traité des Flux.*, *Introd.* (b) *Encyclop.* art. *Différentiel*.
(c) *Leçons du Calcul. différent.* ec. (d) Sic. (e) Lib. IV theor. XVIII.

te le proprietà trattò con tanta novità, ed esattezza, che or è celebrata da' geometri la spirale come una linea, che dèe distintamente onorarsi col nome d'Archimede. In tutte queste, e in altre moltissime speculazioni procede egli con una giustezza, e severità, con una sagacità d'ingegno, e forza d'immaginazione, che ancora dietro alle orme da lui segnate, ancor ajutati da' lumi della sua scorta stentano presentemente a seguirlo i più profondi e dotti geometri.

Archimede ha fatto, e farà sempre lo stupore di quanti sono capaci di conoscere l'altezza del suo merito. Egli può risguardarsi come il Newton dell'antichità; ed è, come questi, l'eroe delle matematiche, e l'onor dell'ingegno umano. Ma quanta stima non dovremo noi professare all'antica geometría, che non contenta di produrre i Platoni, gli Aristei, gli Euclidi, e gli Eratosteni, non esaùsta colla produzione d'un Archimede, seguitò anche ad arricchire la mente umana, e ci diede un Apollonio, ed altri illustri geometri? Se Archimede fu il Newton, Apollonio potrà dirsi il Leibnitz, o il Bernoulli degli antichi. I soli suoi *conici* bastano a farci vedere in lui il gran geometra, quale lo proclamava l'antichità. Di che prodigiosa profondità, e forza d'ingegno non abbisognava Apollonio per seguire ne' suoi conici tante, e sì astruse ricerche senza fare traviamenti? Il quinto, e il settimo libro singolarmente mostrano da per tutto un genio inventore, fecondo di nuove e sublimi verità. Ma tutta l'opera fu riguardata con ragione come una delle più profonde, che avesse prodotto lo spirito umano. Per quanto il dotto geometra de l'Hôpital abbia scritto con tutti gli ajuti della moderna geometría un'opera delle sezioni coniche, molto stimata, e lodata in mezzo a' lumi di questo secolo, questa nondimeno non ha potuto oscurare l'antica opera d'Apollonio,

Apollonio.

ned è giunto egli a darci una teoría di queste curve più estesa, e completa che quella del greco geometra. Pappo, che pure non si mostra troppo portato pel carattere morale di questo autore, tiene in gran conto la sua dottrina geometrica, e non solo ci dà notizia di molte sue opere appartenenti per la maggior parte all'analisi geometrica, ma ne forma eziandío piccoli estratti; e que' soli piccoli tratti bastano per far vedere il maestrevole possesso, con cui la geometrica sua destrezza maneggiava quelle sublimi ed ardue materie; quelle piccole linee mostrano la maestra mano dell'Apelle, che ne formò i quadri finiti. Apollonio, ed Archimede sono i geometri antichi, che si leggono, e si studiano da' più illuminati moderni, e che meritano i rispetti, e la venerazione di tutti. Ma v'erano oltre di questi molt'altri illustri geometri. Non parlo di Conone, e di Dositeo amici d'Archimede, ed assai chiari geometri, non d'Eudemo, e d'Attalo corrispondenti d'Apollonio, non di Nicotele impugnator di Conone, non d'altri men celebrati geometri di quell'età; ma ferma bensì la nostra attenzione Nicomede, il quale inventò la curva detta *concoide*, e ne fece ingegnosa applicazione pel famoso problema della duplicazione del cubo, secondo il testimonio di Pappo (*a*), e d'Eutocio (*b*), e lavorò gloriosamente per la quadratura del circolo, applicandovi la *quadratrice* di Dinostrato (*c*), e si meritò insomma, che il Newton commendasse molto, ed adoperasse la sua concòide per varie geometriche speculazioni, e rendesse rispettabile a' più illuminati geometri il nome di Nicomede: nè sono men degni di particolare commendazione Gemino, Filone, ed Erone, che oltre lo studio dell'astronomía, e della meccanica s'applicarono

(a) Lib. IV, prop. XXII et al. (b) *In Arch.* II *De Spher. et Cycl.*
(c) Pap. lib. IV, prop. XXV.

anche alla geometría, e si fecero qualche nome; e d'Erone particolarmente vediamo in Pappo (*a*) una nuova soluzione del celebrato problema della duplicazione del cubo, o delle due medie proporzionali; Teodosio, i cui *sferici* sono un'opera classica in geometría non meno che in astronomía; alquanto posteriormente Menelao, che scrisse di trigonometría, e di cui ancor si conservano tre libri de' triangoli sferici sommamente pregievoli per l'avanzamento della geometría; Diocle, della cui età non abbiamo sicure notizie, ma che sappiamo aver inventata la *cissoide*, curva perfezionata, ed adoperata dal Newton, ed averne fatto ingegnoso, e felice uso pel problema della duplicazione del cubo (*b*); e finalmente nel secolo quarto della nostra età il tante volte citato Pappo, il quale non solo raccolse, e mise in buon lume molte scoperte geometriche de' greci, che l'avevano preceduto, ma egli stesso trovò nuove dimostrazioni, e scoprì nuove verità. In Pappo può dirsi estinta la greca geometría: Teone alessandrino, ed Ipazia sua figlia, Proclo, Marino, Eutocio, ed altri di que' tempi furono più comentatori, e raccoglitori delle scoperte degli altri antichi, che veri geometri. Ma la greca geometría era già abbastanza nobile co' nomi d'Euclide, d'Archimede, d'Apollonio, e d'altri poco inferiori, e ricca assai colle loro scoperte, per non abbisognare di nuovi ajuti pel suo splendore. Per quanto sia avanzata la moderna geometría, e divenuta sia superiore di scoperte, di cognizioni, e di metodi all'antica, è una folle ignoranza, e temerità d'alcuni leggieri moderni il disprezzare gli antichi geometri, e abbandonare la loro lettura. Non è egli più glorioso, e più utile lo scoprire tante proprietà, combinazioni, e misure delle figure,

(a) Lib. III, prop. IV. (b) Eutoc. *in Archim.*

inventar tante linee, dimostrar tante verità, e creare insomma una geometría, che non l'appianarne, abbreviarne, ed infiorarne le vie? E come un Euclide, un Archimede, un Apollonio possono essere riguardati da chi abbia vero spirito geometrico senza un profondo sentimento di sincera venerazione! Non pensarono così il Leibnitz, l'Allejo, il Simson, e tanti illustri geometri perfino anche ne' nostri dì: non così il Maclaurin, il quale ha lasciato scritto *(a)*, che „ benchè „ non sia punto di paragone fra l'estensione e l'utilità delle „ scoperte antiche, e delle moderne, pare nondimeno, che „ gli antichi fossero più attenti che noi non siamo nel con- „ servare alla geometría tutta la sua evidenza, e che vi riu- „ scirono molto meglio „: non così finalmente il Newton, il quale aveva sì alta stima della greca geometría, che era solito a dire, che non vi sarebbe bisogno di scriver nulla in geometría, se ci fossero pervenute tutte le opere de' greci geometri *(b)*: e certo la greca geometría forma una parte molto interessante della storia delle Scienze, e fa sommo onore a' progressi dello spirito umano.

Geometría de' romani.

Non così potremo pensare de' romani, i quali s'emularono, o forse superarono gli Omeri, e i Demosteni, non pensarono neppure ad appressarsi agli Archimedi, ed agli Apollonj, nè ebbero mai un geometra, che meritasse lo studio della posterità. Cassiodoro, Marziano Capella, e que' pochi latini, che scrivevano di geometría, non possono mettersi nel numero de' geometri. Boezio stesso, che sembra averne saputo assai più che tutti i latini, altro non fece che tradurre Euclide, benchè con certa eccessiva libertà, la quale lo mostra bensì assai più padrone di quella materia, che non l'era-

---

(a) *Traité des flux., Préf.* (b) *In ejus Vita Opusc.* tom. I.

no gli altri scrittori latini; ma molto detrae dell'esattezza, e del rigore geometrico del greco originale. Gli arabi, sì, che coltivarono la geometría assai più felicemenre che i latini. Euclide, Archimede, ed Apollonio furono attentamente studiati, tradotti, ed illustrati da' saraceni. Basta leggere il catalogo degli antichi matematici, compilato dal dotto Odoardo Bernard, per farne una edizione in quattordici volumi (a), e vi si vedrà facilmente quanto abbiano contribuito gli arabi alla conservazione, ed illustrazione de' greci geometri. Alcuni libri geometrici de' più stimati greci non si trovano nel greco originale, e solo gli abbiamo tradotti in arabo. I libri stessi, che ancor si conservano nel nativo idioma greco, sono stati tradotti nel latino dall'arabiche traduzioni, non dagli originali. E tutto questo dovrà tenere perpetuamente obbligata la gratitudine de' geometri alle scientifiche fatiche de' musulmani, che hanno loro recati tanti vantaggi. Ma non si contentarono gli arabi di questi meriti, e vollero avere i proprj loro pregi, e poter vantare progressi da loro stessi prodotti alla geometría.

Geometría degli arabi.

Il solo eccessivo numero degli scrittori può dare qualche credito all'arabica geometría: ove sono molti i coltivatori d'una scienza è difficile, che non se ne trovino alcuni, che le producano riguardevoli avanzamenti. Infatti quanti arabi non si potrebbero annoverare come benemeriti della geometría? Se noi diamo il nome di geometra ad Archimede, se i greci chiamavano il gran geometra Apollonio, gli arabi avevano anch'essi i loro Archimedi, ed Apollonj, che onoravano col nome antonomastico di geometri. Hassen, Thabet ben Corrah, ed Alkindi sono stati distinti dagli arabi con

Arabi geometri.

(a) Fabr. *Bibl. gr.* lib. III, c. XXIII.

Hassen. quella sì rispettabile appellazione. D'Hassen, uno de' tre figliuoli di Musa, o Mosè, dice con sommi elogi la *Biblioteca arabica de' filosofi* (a), che inventò, formò, e sciolse molti problemi geometrici, che niuno degli antichi aveva mai potuto immaginare; e che i suoi trattati su la trisezione dell' angolo, e su le due medie proporzionali per la duplicazione del cubo, problemi, che tanto avevano occupati i greci geometri, furono riguardati dagli arabi come opere portentose d'ingegno, e d'immaginazione. Eccellente era eziandío nella geometría il fratello d'Hassen Abu Giafar Moamad; ma nondimeno più ancora che co' proprj scritti vantaggiò egli quella scienza coll'avere istruita in essa Thabit ben Corrah, e coll'avergli procurati i mezzi, onde avanzare negli studj geometrici introducendolo nella corte del califo Motadhed. Noi abbiamo sotto il suo nome un'opera ms. col titolo *De superficierum divisione*, e nella biblioteca dell'Escuriale se ne trova un'altra *De descriptione trianguli rectilinei* (b), niuna delle quali si legge con questi titoli nella *Biblioteca arabica de' filosofi*. Ma vi si annoverano tante su la quadratura del circolo, su le sezioni coniche, e su tante altre sublimi materie geometriche, che giustificano gli elogi, di cui viene ampiamente ricolmato, e l'universale rispetto, con cui era da' dotti suoi nazionali riguardato. Quanta lode non merita l'Alkindi, che venne riposto dal Cardano fra' dodici più chiari ingegni, ch'avessero fin allora illustrato il mondo (c)? E quant' altri rinomati geometri non ebbero oltre di questi gli arabi? Alhassen non lasciò quasi parte della geometría, che non illustrasse co' suoi scritti. Giacomo ben Tarec, Abdelazig, Assingiari, ed altri parecchj scrissero di varj punti di geometría,

Abu Giafar.

Thabit ben Corrah.

Alkindi.

Altri geometri arabi.

(a) *Benu Musa ben Shaker*. (b) Casiri *Bibl. arab.-hisp.* tom. I, p. 386.

(c) *De subtil.* lib. xvI.

e furono molto stimati. Ma singolarmente la trigonometría ha loro, come dice il Bossut *(a)*, delle obbligazioni essenziali. „ Essi diedero, dice, al calcolo trigonometrico la forma, „ che ha ancora presentemente, almeno quanto a' principj. „ Essi sostituirono l'uso de' seni a quel delle corde, che ado- „ peravasi prima, e con questo resero più semplici, e più co- „ mode le operazioni della geometría pratica „. Il Montucla aveva già prima detto lo stesso, ed aveva data parte della gloria di questi meriti a Mohamad figliuolo di Musa, ed a Giaber ben Aphlah di Siviglia, del quale esiste nell'Escuriale un libro *Delle Sfere* *(b)*, che può confermare il giudizio del Montucla. Questa semplificazione, e questo agevolamento delle operazioni trigonometriche fu, secondo il medesimo Montucla, una delle prime invenzioni degli arabi, trovandosi già adoperata da Albatenio *(c)*. Alfragano scrisse su' seni diritti; Abdelaziz Massudo compose un trattato delle tavole de' seni, e del loro uso nella trigonometría; e tant'altri trattarono di questa materia, che si può dessa riguardare come tutta propria degli arabi. Oltre la conservazione de' libri greci, e delle greche scoperte, oltre i progressi qualunque essi sieno prodotti da' saraceni, dèe la geometría a' medesimi la sua introduzione, o il rinascimento presso i latini. Gerberto Campano, Atelardo, i primi ristoratori della geometría nell'occidente, tutti presero da' musulmani le poche cognizioni, che seminarono fra' cristiani, e che lente, e sterili da principio germogliarono poi col tempo abbondantemente, e produssero que' ricchi, e preziosi frutti, che ora sì pienamente godiamo.

Rinascimento della geometría.

I progressi nel rinascimento della geometría furono ancor più lenti che nella stessa nascita. Noi non vediamo per più

(a) *Disc. prél. Encycl. méthod. Mathem.* (b) Casiri tom. I, p. 367.

(c) *Hist. Math.* tom. I, p. II, liv. I.

secoli che cattive traduzioni, e spesso anche corruzioni delle opere più elementari de' greci e degli arabi; niuna ingegnosa scoperta, niuna opera originale, niun avanzamento nella geometría. Solo verso la metà del secolo decimoterzo fiorirono due matematici, Giordano Nemorario, e Giovanni di Sacrobosco, che mostrarono aver qualche lume d'ingegno, e scrisser da sè, benchè tenendo dietro alle guide greche ed arabiche, opere geometriche, non semplici traduzioni. Ma queste stesse lor opere erano sì rozze e meschine, che provavano la scarsezza de' lumi di que' tempi; non erano opportune a produrne de' maggiori, e a far nascere buoni geometri. Noi non incominciamo a vederli che nel secolo decimoquinto. Purbach si può dire il primo, che mostrasse qualche scintilla di genio geometrico, e che facesse vedere nelle sue osservazioni, e nelle sue opere astronomiche qualche finezza di pensare in geometría, e qualche lampo d'invenzione pel miglioramento della geometría pratica, e della trigonometría. Il Regiomontano suo allievo andò assai più avanti del maestro, e si formò un geometra assai più perfetto. Il Cardano, sentendo mal volentieri le lodi del Regiomontano, l'accusava di plagio nella costruzione delle effemeridi, nella tavola delle direzioni, nel libro de' triangoli sferici, e in ogni cosa (*a*). Ma checchè sia di queste accuse, che noi or più non possiamo verificare, certo è, che la geometría, e l'astronomía professeranno al Regiomontano perpetua riconoscenza. Il Regiomontano corresse, e perfezionò l'invenzione del Purbach per l'esattezza de' calcoli trigonometrici, dividendo il ragio in 1000000 parti in vece delle 6000000, che il Purbach aveva sostituite alle 60 degli antichi. Oltre di questo il Regiomon-

Purbach.

Regiomontano.

(a) V. Gassend. *in Vita Purbach. et Regiom.*

tano introdusse nella trigonometría l'uso delle tangenti, e ne fece le tavole. Egli non solo espose le teoríe degli arabi nella trigonometría, ma le portò molto più oltre, trovando la soluzione de' più difficili casi; e possiam dire, ch'egli ci diede nella sua opera de' triangoli un'assai completa trigonometría. I suoi comenti d'Archimede, la difesa d'Euclide, ed altre sue fatiche geometriche accrescono sempre più i suoi meriti nella geometría; e tutte le sue opere, e lo studio, che in quel secolo si faceva della lingua greca, furono di grand' eccitamento a' letterati europei per dedicarsi con nuovo ardore alla cultura di quella scienza. Cominciarono a leggersi, ed a gustarsi ne' loro originali i greci geometri, si abbandonarono le traduzioni prese dall'arabo, e se ne fecero altre del greco: si riguardò nel suo vero lume l'antica geometría, ed invaghì delle sue bellezze i nobili ingegni, e principiarono allora a vedersi molti geometri. Tali erano il Walter, il Durer, Adriano Romano, il Vanceulen, e altri; tale particolarmente il Werner, che s'inoltrò con profitto nelle sezioni coniche, inventò nuove soluzioni in alcuni problemi di geometría, ed illustrò con nuovi scritti la trigonometría. Tali il Retico, e il Byrge, che recarono maggiore perfezione alle tavole trigonometriche; e singolarmente il Byrge giunse, secondo il testimonio del Keplero, a formare la prima idea de' logaritmi. Celebre è la memoria del Nugnez, più conosciuto sotto il nome di Nonio, e benemerito della geometría pel suo zelo e per le sue opere, ma più ancora per l'invenzione dello stromento, che porta il suo nome, e che giova tanto per l'esattezza geometrica. I comenti d'Euclide del Ciruelo, alcuni scritti d'un altro Nugnez, ed altri d'altri scrittori mostrano, che nella Spagna si coltivava con ardore la geometría. I francesi Pelletier, e Oronzio Fineo sono conosciuti

Alcuni moderni geometri.

da' geometri non solo per le dispute, e per le opposizioni, a cui soggiacquero, ma anche per qualche merito de' loro scritti. Il Commandino, ed il Mauroli, ossia Maurolico, sono nomi più illustri nelle matematiche: le sole traduzioni, ed illustrazioni de' greci geometri fatte con molta intelligenza e sagacità resero i loro nomi molto rispettabili nella geometría, e le proprie lor opere accrebbero anche la riputazione del loro sapere acquistatasi con tali traduzioni. Il Tartaglia, sì famoso per le sue scoperte nell'algebra, mostrò anche nella geometría l'originale e penetrante suo genio; e molti da per tutto si guadagnavano il nome di geometri. Innalzavasi

Clavio.

sopra tutti il Clavio per l'universale celebrità: le immense sue opere, e la vasta estensione delle sue cognizioni matematiche lo fecero riguardare da molti come l'oracolo di quella scienza; e sebbene è poi scemata di molto la sua fama, sarà però sempre rispettato da quanti vorranno riconoscere supplita la mancanza di genio coll'intensità dello studio, e colla costanza della fatica, particolarmente se considereranno lo stato di quella scienza nel suo secolo, e il vantaggio, che il Clavio le procacciò. Non tanto estesa, ma più vera, stabile,

Vieta.

e soda è la gloria del suo contemporaneo Vieta, il più sublime, ed originale geometra, che si fosse veduto dopo i felici tempi degli Archimedi, e degli Apollonj. Pieno egli della geometría antica, ed intimo conoscitore delle sue finezze, mosso da una contesa col sopra nominato Adriano Romano, geometra olandese di molto merito, s'applicò al ristabilimento del libro *De tactionibus* d'Apollonio, e lo diede al pubblico col titolo d'*Apollonius gallus*. Una maggior esattezza nell' accostarsi alla verità della ragione del diametro al circolo; gli elementi della dottrina delle *sezioni angolari*, e la determinazione per formole analitiche de' rapporti de' seni degli

archi multipli, e submultipli; la costruzione delle tavole trigonometriche su questo principio, ed altre geometriche novità sono i veri meriti, che innalzano il Vieta alla classe de' più sublimi geometri. Al tempo stesso del Vieta, e del Clavio lavorava con buon successo Luca Valerio a cercare il centro di gravità de' solidi, a cui Archimede non aveva rivolte le sue speculazioni; ed il suo libro su quella materia si può dire la prima opera latina, che facesse distendere di più i confini della greca geometría. Il Galileo cercò anch'egli il centro di gravità, e gli riuscì felicemente di ritrovarlo in varj corpi. Giusto amatore dell'antica geometría ne seppe gustare tutte le finezze, e si fece coraggio per tentarne ulteriori avanzamenti. Egli fu il primo o a ritrovare, o almeno ad esaminare la cicloide, ed a ricercarne le proprietà. Varj curiosi ed importanti teoremi geometrici sono suoi ritrovati. Ma il maggiore suo merito verso la geometría fu l'applicarla ch'ei fece alla fisica, e il farla servire di sicura guida per penetrare ne' più nascosti arcani della natura. Così incominciarono i geometri ad inoltrarsi in più profondi arcani, e sorpassare gli stessi greci loro maestri. Noi abbiamo veduti gli ignoranti europei ricercare dagli arabi i primi elementi della geometría, e studiare malamente nelle loro traduzioni le opere de' greci. Quanti secoli non si sono passati prima di superare ne' loro scritti i primi primissimi elementi della geometría ordinaria? Quante fatiche sono abbisognate per ben intendere Euclide? Quanti anni, e quanti sforzi prima di giungere a comprendere le greche teorie d'Archimede, e d'Apollonio? Chi mai pensava poter accrescere lumi a' lumi de' greci maestri? Da Gerberto fino al Vieta era mai caduto in pensiero ad alcuno di ricercare ciò, che Archimede non aveva trovato? Chi mai avrebbe ardito di predire, che in po-

Luca Valerio.

Galileo.

chi anni avrebbero gli europei avanzate di tanto le greche scoperte, che i più sublimi problemi, a cui non poterono toccare gli antichi, non fossero che un giuoco nelle lor mani? Nuovi teoremi, nuove verità, nuovo ordine di cose si va a scoprire nella geometría di questi due ultimi secoli. Seguace ancora al principio della greca ardiva pur superarla, aprir nuove vie da lei non vedute, e correre nuovi campi da lei non toccati; ma fatta più robusta, e più coraggiosa, fornita di nuovi mezzi, e di proprj soccorsi osò sormontare alte cime da lei neppure vedute, e dominare regioni, di cui non avevasi alcuna idea. Noi abbiamo in questi due secoli tre sorti diverse di geometría: da Vieta fino a Cartesio la geometría è ancor l'antica, sol accresciura di nuove verità, ed arricchita di molte scoperte, e quest'ancora seguitò a coltivarsi, ed a produr nuovi frutti dopo l'introduzione della cartesiana. Cartesio, sottile geometra, e felice algebrista, forma una nuova geometría, che accompagnata, ed ajutata dall'algebra fa de' progressi, a cui non si poteva aspirare senza tale sostegno: da Newton, e da Leibnitz nasce una nuova più sublime, più nobile, più feconda geometría, che fornita del calcolo infinitesimale è tanto superiore alla cartesiana, quanto questa all'antica. Entriamo dunque a ricorrere la storia di tutte tre.

Il Vieta, il Valerio, ed il Galileo fecero vedere, che col metodo degli antichi si poteva andare più avanti, che non vi s'erano inoltrati gli stessi antichi. Il Keplero si fece più coraggioso; e benchè non abbastanza fornito di geometría, ardì tentar nuove vie non aperte dagli antichi geometri. L'esame di certe botti gli diede occasione di far sorgere una nuova geometría. Archimede, e gli antichi non prendevano di mira che la misura, e il rapporto de' solidi generati col

far girare le sezioni coniche intorno a un asse preso esattamente nel mezzo. Il Keplero volle considerarne molt'altri, che potevansi generare col rivolgere e le stesse sezioni coniche, e solamente qualche porzione delle suddette curve intorno ad assi diversi. Così giunse a formare più d'ottanta solidi nuovi non ancor contemplati da' geometri, e li distinse co' nomi d'*anello largo*, d'*anello stretto*, di *globo turchesco*, di *pomo rosato*, di *pomo cotogno*, e d'altri simili. Bello è il vedere le maniere diverse, con cui egli forma que' solidi, e le curiose immagini, che ama d'adoperare per farli conoscere a' leggitori. All'occasione di parlare delle figure ardì d'introdurre il nome, e l'idea dell'infinito, formando il circolo d'infiniti triangoli, il cono d'infinite piramidi, il cilindro d'infiniti prismi, e così d'altri solidi, e dimostrò in questa guisa d'una maniera diretta e chiara alcune verità, che nel metodo antico di paragonare tra loro le figure iscritte e circoscritte a' piani ed a' solidi da misurarsi esigevano giri sommamente intricati, e troppo difficili a seguirsi: ma la scarsezza de' lumi geometrici, in cui ancora trovavasi, lo fece cadere in molti errori, e lasciare senza la desiderata soluzione la maggior parte de' suoi problemi. Pur le ricerche del Keplero su tante nuove figure, e l'introduzione dell'idea dell'infinito nella geometría eccitarono la curiosità de' geometri, e li condussero a nuove scoperte. Il Guldino trovò la soluzione de' problemi proposti dal Keplero col mezzo del centro di gravità, applicandolo con molto ingegno e felicità alla misura delle figure prodotte per circomvoluzione. Il primo passo del Guldino fu segnare esattamente in ogni figura quel punto, ove si ritrova precisamente il centro di gravità; e questo solo gli produsse già parecchie scoperte. Ma egli passò più avanti, ed esaminando le figure formate per la rota-

Keplero.

Guldino.

zione d'una linea, e d'una superficie intorno ad un asse immobile, trovò, che esse erano come il prodotto della figura generatrice, e della strada che descrive il suo centro di gravità; e che per esempio se un triangolo rettangolo girando intorno ad uno de' cateti forma un cono, siccome il centro di gravità è allor distante dall'asse un terzo della base, e girando descrive una circonferenza, che è il terzo di quella, che descrive l'estremità della base, così il cono sarà come il prodotto del triangolo generatore pel terzo della circonferenza descritta dall'estremità della base; e però il cono sarà il terzo del cilindro della medesima base, e della medesima altezza. In tale guisa applicando questa regola ad altre figure, trovò la soluzione di tutti i problemi con singolare esattezza, ed aprì una via a' geometri per iscoprir molte verità. Ma questa non fu seguíta da molti; e molto più feconda, e più utile divenne alla geometría l'introduzione del nome, e dell' idea dell'infinito riconosciuto dagli antichi, e proposto in un nuovo aspetto dal Keplero. Il Galileo (a) si famigliarizzò ancor di più cogl'infiniti e cogl'indivisibili, e non solo ridusse ad essi le dimostrazioni d'alcuni teoremi, ma pensò anche di comporre un trattato degl'indivisibili. Ciò che pensava di fare il Galileo, l'aveva già disposto, e preparato il suo discepolo Cavalieri. Egli comincia dal considerare il solido come composto d'infinite superficie, le superficie d'infinite linee, e le linee di punti infiniti; e per ritrovare la misura d'un solido gli basta d'avere la ragione di tutti i piani, che lo compongono, e quella delle linee per la misura de' piani, e generalmente, per avere il rapporto fra due corpi, determinare quello de' loro elementi, ch'ei chiama *indivisibi-*

Cavalieri.

(a) *Dial. della nuova Scien.* lib. II, e III.

li. Così s'accinse a ricercare la misura di molti solidi degl'inventati dal Keplero, e la trovò in più di venti (*a*), e poi anche in molti più, ed aprì ad altri una facile via per ritrovarla ne' rimanenti. Allora dunque colla scoperta del Cavalieri si diede principio ad una nuova geometría. Alle figure iscritte e circoscritte, alle difficoltà d'iscrivere e circoscrivere poligoni ad una figura, e di cercare i limiti della ragione fra l'ultimo poligono iscritto, e l'ultimo circoscritto, al metodo insomma di doppia posizione, a cui unicamente s'erano attenuti gli antichi, s'incominciarono a sostituire gli elementi indivisibili, gl'infinitesimi, gl'infiniti, e s'agevolarono molte ricerche, che prima erano troppo difficili ed involute, si diede adito a farne molte altre, che fin allora non si potevano tentare, e nacque insomma una nuova geometría. Il nome d'*indivisibili*, e la novità della scoperta eccitò l'attenzione di tutti i geometri, e provocò le censure di molti. Parve tosto ad alcuni, che il metodo degl'indivisibili fosse preso dal Keplero; ma il Cavalieri (*b*) ne fece vedere la diversità; imperciocchè il Keplero de' corpi minutissimi compone in qualche modo i corpi maggiori, mentre egli solo diceva, che i piani erano come gli aggregati di tutte le linee equidistanti, e i corpi come gli aggregati di tutti i piani. Vollero altri derivare tal metodo da un'opera di Bartolommeo del Sovero *De curvi, et recti proportione promota* (*c*); ma il Cavalieri fece vedere, che assai prima della pubblicazione di quest'opera aveva egli non solo scritta, ma presentata al Senato di Bologna la sua della geometría degl'indivisibili. L'idea sola, ed il nome d'indivisibili ributtò molti geometri; ed egli stesso aveva già preveduta la strana impressione, che doveva produrre nell'

(a) *Geometr. indiv.* ec. *Pref.* et al. (b) *Exerc. tert. in Guld.* (c) Lib. v.

animo di molti, e n'aveva in qualche modo anticipata la risposta nella prefazione del settimo libro; anzi può dirsi, che tutto il settimo libro provando con altro metodo le stesse verità, che negli antecedenti s'erano dimostrate con quello degl'indivisibili, fa in qualche modo l'apología di questo metodo. Sorgevano nondimeno ognora più nuovi oppositori, ed essendone fra questi uno troppo rispettabile, l'or nominato Guldino, e desiderando il Cavalieri render più noto, e più fermamente stabilito il suo metodo, dovè sporlo di nuovo in due *esercitazioni*, e rispondere in altra all'opposizione del Guldino. Questi troppo pieno de' suoi centri di gravità, ed aggravato anche d'incomodi di salute non potè riguardare con occhio benevolo il metodo degl'indivisibili, nè esaminarlo con attenzione; e loda bensì l'autore, e commenda il suo metodo come opportuno per l'invenzione, ma cerca di tacciarlo di falsità, e d'insussistenza, e vorrebbe deprimerlo per far regnare il suo de' centri di gravità. Noi non possiamo che lodar l'uno e l'altro metodo, e venerarne gli autori; ma volendosi dare ad alcuno la preferenza, non temeremo d'attaccarci a quello del Cavalieri, siccome più diretto, più spedito, e più facile. E' naturale, come dice giustamente lo stesso Cavalieri (*a*), il cercare prima la dimensione delle figure, e poi il loro centro di gravità, prima si concepisce estesa una figura, che grave. Spesso anche è più difficile il determinare il centro di gravità che la misura, che pel suo mezzo dovrebbesi ricercare. Ma diremo nondimeno, che il metodo del Guldino dèe pur rispettarsi come una bellissima scoperta in geometría, e che quantunque il metodo degl'indivisibili abbia avuta più influenza ne' progressi della geometría, merita an-

---

(a) *Exerc. tert.*

che quello de' centri di gravità le lodi di tutti i geometri, ed amendue rendono i nomi del Guldino, e del Cavalieri immortali ne' fasti della geometría. Il Galileo, il Viviani, e tutta la scuola galileana accolse con molti applausi il metodo del Cavalieri, che poi difese, illustrò, ed ampliò un suo allievo, Stefano degli Angeli. Il primo a fargli onore colla pratica, e coll'adoperarlo utilmente fu il Torricelli, come lo stesso Cavalieri se ne gloriava *(a)*. Con questo metodo sciolse il Torricelli problemi difficilissimi con somma facilità, trovò una nuova quadratura della parabola, un nuovo rapporto della sfera al cilindro, la misura del solido acuto iperbolico, e, ciò che rese più celebre il nome del Torricelli, la dimensione della cicloide. Il Galileo avea studiato per molti anni la soluzione di tale misura senza potervi riuscire; lo stesso Cavalieri aveva invano impiegate le sue fatiche in quella speculazione; e solo il Torricelli coll'ajuto del nuovo metodo giunse con tale facilità ad incontrarla, che, come dice il Cavalieri *(b)*, il problema, che sembrava a' geometri di somma difficoltà, riuscì per lui facilissimo. Ma questa bella fatica dell'ingegno geometrico del Torricelli gli tirò addosso una grave accusa di plagiato dal geometra Roberval.

Roberval.

La Francia avea allora due geometri d'ordine superiore, il Cartesio, e il Fermat; il Roberval amico di questo, contrario di quello, emulo d'amendue, ma inferiore a tutt'e due, cercava d'uguagliarsi con questi, e si considerava troppo superiore a tutti gli altri. Egli infatti inventava metodi, e scioglieva problemi, a cui invano si sarebbero accinti altri geometri che Cartesio, e Fermat. Con qual animo poteva egli dunque sentire, che rendesse il pubblico ad altri le lodi d'al-

(a) *Exerc. par.* (b) Ivi.

cune invenzioni, che a lui si dovevano molt'anni prima! Egli aveva trovato un metodo simile a quello degl'*indivisibili*; e mentre lo teneva gelosamente segreto, vantandosi di potere con esso sciogliere problemi superiori alle forze degli altri geometri privi di quest'ajuto, si vide pubblicare dal Cavalieri il metodo degl'*indivisibili*, e rapirglisi l'onore, che si avrebbe potuto acquistare, se avesse voluto comunicare al pubblico le sue invenzioni. Il Frisio *(a)* sembra volere metter in dubbio la originalità dell'invenzione del Roberval, riflettendo, che questa non comparve alla luce, se non due anni dopo la pubblicazione dell'opera del Cavalieri, ed otto o nove dopo che già si conosceva in Italia la geometría degl'indivisibili. Ma chi riflette a' problemi, che risolvevano il Roberval e il Fermat verso i tempi della scoperta del Cavalieri, non potrà negare, che conosciuto non fosse da loro un qualche metodo simile nel merito, e anche nella forma a quello del Cavalieri, a cui però si dèe la doppia lode d'originalità nell'invenzione, e di generosità nella pubblicazione della medesima. Non poteva il Roberval contrastare al Cavalieri la gloria dell'invenzione del metodo degl'indivisibili, non avendo egli mai fatto parte del suo ad alcuno *(b)*; ma quando vide rapirsi dal Torricelli quella della dimensione della cicloide, alla quale aveva egli diritto da alcuni anni, non potè tenersi in silenzio, e proruppe in lamenti contra il geometra italiano, quasichè s'appropriasse una sua invenzione, e si facesse bello colle sue fatiche. Certo il Roberval aveva alcuni anni prima ritrovata la misura della cicloide; e ciò vedesi non tanto nell'opera *Della Musica universale* del Mersenno pubblicata fino del 1637, e nella *Storia della cicloi-*

(a) *Elog. del Cavalieri*. (b) Roberv. *Epist. ad Torric.*

de del Pascal, non contraddetta in questa parte dal Dati apologista del Torricelli, quanto nelle lettere del Cartesio, dalle quali rilevasi quanto più avanti ch'alla semplice misura si fosse passato in Francia nell'esaminar le passioni della cicloide (*a*); sebbene di qualch'altra lettera dello stesso Cartesio (*b*), e da altri passi d'altri scrittori si possa prendere qualche argomento contrario. Ma che il Torricelli avesse il menomo sentore delle dimostrazioni de' francesi; che il Beaugrand n'avesse data parte al Galileo; che il Torricelli avesse ereditate tutte le carte di questo, e trovata in esse la misura della cicloide, questo non solo è privo d'ogni fondamento, ma viene anche smentito da evidenti ragioni contrarie. La scoperta del Roberval restò nascosta nel suo scrigno, o fu soltanto comunicata a qualche amico in lettere familiari. L'Italia, l'Inghilterra, e la Francia stessa erano all'oscuro di tale notizia; lo stesso storico Pascal, appassionatissimo pel Roberval, ignorava affatto la sua scoperta, e credè per gran tempo opera del Torricelli la misura della cicloide. Il Cavalieri ancor nell'anno 1647, tre anni dopo la pubblicazione della scoperta del Torricelli, e de' lamenti del Roberval, seguita a darne al Torricelli la gloria dell'invenzione (*c*). Il Wallis molt' anni dipoi mette in dubbio, che il Roberval sia mai riuscito in detta misura, e ne riconosce per unico autore il Torricelli. Il francese la Loubere gli fece anch'egli lo stesso onore; e generalmente tutta l'Europa letteraria riconosceva per autore di quella scoperta il Torricelli, e niente sapeva della nascosta dimostrazione del Roberval. Le dispute insorte, le speculazioni promosse, le questioni agitate in grazia della cicloide diedero argomento a due storie, ed a varj altri scritti

---

(a) V. part. III ep. Carcavi LXX, ep. LXXVI, et al.

(b) Ep. LXIX. (c) Exerc. prima.

intorno a quella curva. Noi lasciando questa disputa or non più interessante diremo soltanto col Wallis, che ancorchè il Roberval avesse prima scoperta quella geometrica verità, con tutto ciò *nos Torricellio plus debemus, qui demonstrationes suas jam palam factas vulgavit, quam qui suas adhuc supprimit Robervallio*. Aveva il Roberval ingegno acuto per la geometría, e si sarebbe acquistata maggiore fama, ed avrebbe sofferte meno brighe, se non fosse stato sì avaro nel comunicare le proprie invenzioni, ed avesse veduto con occhio quieto dare gli altri alla pubblica luce le loro. Egli si formò un metodo, e compose un trattato degl'indivisibili, simile in qualche modo a quello del Cavalieri, e se ne servì felicemente per risolvere molti problemi. Egli ne inventò un altro per le tangenti, detto *De' movimenti composti*, che aveva un lontano principio di somiglianza con quello delle flussioni del Newton. Egli trovò la misura della cicloide, su la quale fece poi tanto strepito col Torricelli; e risolse ingegnosamente molti problemi, che riguardano quella curva. Egli inventò certe curve, chiamate dal Torricelli *Robervalliane*, e conosciute anche oggidì sotto il suo nome, ma ch'egli volle chiamar *quadratrici* (*a*), perchè se ne servì opportunamente per quadrar le parabole, e per trovare spazj finiti eguali in grandezza agl'infiniti. Egli diede metodi per trovare i centri di percussione, ch'erano più giusti di que' del Cartesio, e gli davano qualche superiorità sopra il soggetto della sua gelosía, al quale in tutto il resto rimaneva troppo inferiore. Il Roberval insomma si fece un gran nome nella storia della geometría, e l'avrebbe lasciato più nobile, e puro, se non l'avesse macchiato colle puerili sue contese, e coll'ostinate ed inconclu-

(a) *Ep. ad Torric.*

denti sue opposizioni contro le scoperte del Cartesio. Non era solo il Roberval il geometra della Francia, che si facesse sentire in mezzo allo strepito, che movevano le grandi scoperte del Cartesio, e del Fermat. La Loubere, Beaugrand, Pascal, Leotaud, ed alcuni altri simili avrebbono potuto bastare all'onore geometrico d'una nazione men ricca, che non era allora la francese. L'Italia altresì, oltre gli ora lodati Galileo, Cavalieri, e Torricelli, vantava il Castelli celebre idraulico, ma non men valente geometra; vantava Stefano degli Angioli, difensore, illustratore, ed ampliatore del metodo del Cavalieri, e delle dottrine del Galileo; vantava il Ricci, stimato, e lodato da' geometri dentro e fuori dell'Italia, e dallo stesso Torricelli suo maestro; vantava il Borelli illustratore degli antichi geometri (*a*); e sopra tutti vantava il Viviani, degno in verità di somme lodi per le sottili e giuste risoluzioni di molti problemi geometrici, e per le sode ed eleganti dimostrazioni, ma molto più rinomato, ed illustre per le ingegnose e dotte sue *Divinazioni* della dottrina su' luoghi solidi d'Aristeo, e del quinto libro de' conici d'Apollonio, nelle quali gareggiò in qualche modo coll'ingegno e col sapere geometrico di que' celebri antichi, e si meritò anch'egli da' moderni il glorioso nome di *sommo geometra*, che i greci accordavano ad Apollonio; ma niuno di questi italiani e francesi poteva aspirare all'onore di sedere al fianco de' due principi della geometría di quel tempo, Cartesio, e Fermat.

Cartesio.

Aveva il Cartesio in questa scienza una tale superiorità, che risolveva come per giuoco e trastullo i problemi, che mettevano in imbarazzo gli altri geometri. I suoi metodi

(a) V. Fabroni *Vit. Ital.* ec. tom. II.

erano la maraviglia di quanti erano capaci di conoscerli, e servivano di scorta a lui, ed a' suoi seguaci per correre nuove regioni fin allor non vedute, e per inoltrarsi a scoperte non tentate dagli anteriori geometri. Volo più alto non fece la geometría che quando le venne dal Cartesio applicata l'algebra per la teoría, e cognizione delle curve. Un'espressione algebraica divien un quadro vivo e parlante, che in brevi e chiari tratti presenta alla vista le proprietà d'una curva; i problemi più complicati ed involuti si riducono ad una facile e chiara semplicità, speditezza, estensione, e generalità. Nuovi metodi per la risoluzione de' problemi piani, avanzamenti notabili della dottrina degli antichi su' luoghi geometrici; formola generale per le equazioni delle sezioni coniche qualunque sia la posizione dell'asse, al quale si riportano; invenzione di nuove curve onorate col suo nome, dette *ovali di Cartesio*, utili per la teoría della diottrica, e catottrica; elevazione al grado di geometriche d'altre curve, che passavano per meccaniche; metodo generale per determinare le tangenti, fecondo di molte e sublimi teoríe, ed applicabile alle più ardue ed importanti questioni; e mill'altri nuovi ed utilissimi ritrovati rendono il Cartesio creatore, per così dire, d'una nuova geometría, e i suoi tre libri, e gli altri suoi scritti, risguardanti queste materie, il più prezioso deposito d'algebraiche e geometriche verità. Non v'ha parte della geometría, alla quale non abbia recato il Cartesio qualche particolare vantaggio. Gli argomenti stessi, che non erano stati da lui trattati, prendevano tanto lume da' suoi principj, che da essi potevano dedursi assai facilmente; ed egli ebbe ragione di dire nella fine della sua geometría, che sperava potersi meritare i ringraziamenti de' posteri non solo per quelle cose, che aveva spiegate, ma eziandío per quelle che aveva

omesse studiatamente per lasciar loro il piacere di ritrovarle (*a*). Contemporaneamente al Cartesio lavorava quasi con eguale profitto per l'avanzamento della geometría il Fermat. Quando egli vide per la prima volta la geometría del Cartesio, si fece maraviglia di non trovarvi trattata la questione tanto importante non solo nella geometría pura, ma nelle matematiche miste de' *massimi*, e de' *minimi*, quella cioè che determina i punti, in cui una grandezza, che varia crescendo e decrescendo, diviene la più grande, o la più piccola che sia possibile; e com'egli aveva affaticato molto, e con molto frutto in questa ricerca, volle pubblicare l'ingegnoso suo metodo, che ad una facile semplicità accoppiava somma fecondità, e che si è meritate le maggiori lodi de' posteriori geometri. A questo unì un altro metodo non meno ingegnoso per ritrovare le tangenti nelle curve; ed altro eziandío la costruzione de' luoghi solidi. Non potè soffrirlo in pace il Cartesio: avvezzo, com'egli era, a ricevere adorazioni, e insofferente della più piccola cosa, che s'opponesse alle sue glorie, si scagliò tosto contro le regole del Fermat, volendole far comparire inutili, ed anche false; ed accese così la guerra fra que' due sommi geometri, che mise anche in armi quasi tutti gli altri. Se v'era geometra in tutta la Francia capace d'entrare in competenza nel merito matematico col Cartesio, quest'era indubitatamente il Fermat. Oltre la gloriosa invenzione de' sopra lodati metodi passò egli a trovarne un altro pe' centri di gravità, e s'applicò altresì alla misura di molte curve assai complicate, riducendola con ingegnose trasformazioni a quella del circolo, e dell'iperbole. Il suo metodo de' *massimi*, e de' *minimi* potè in qualche modo

Fermat.

(a) *Geom.* lib. III.

aprire le via al calcolo differenziale, e viene quasi aggua-gliato dal Leibnitz nell'utilità per l'avanzamento delle matematiche all'applicazione dell'algebra alla geometría del Cartesio (*a*); anzi riguardo a questa stessa applicazione aveva il Fermat contemporaneamente al Cartesio concepita ingegnosamente l'idea d'esprimere la natura delle curve con mezzo delle equazioni algebraiche, e ne diede ancor qualche saggio (*b*); il Fermat insomma aveva giusto diritto di voler sedere a fianco del gran Cartesio, e di farsi al pari di lui molti partigiani e seguaci. Il Roberval e per amicizia col Fermat, e per contrarietà col Cartesio fu uno de' più attaccati alle sode teoríe del geometra suo amico, e rimproverò anche il Cartesio, talor non senza ragione, come che impugnava una teoría, che non aveva abbastanza esaminata. Ma nondimeno i partigiani del Cartesio furono molti più, e la sua geometría, e le sue lettere piene di scoperte, e di lumi geometrici hanno avuta maggiore influenza ne' progressi delle scienze che le dotte opere, e le utili invenzioni del Fermat. Basta vedere nell'edizione della geometría cartesiana fatta dallo Schooten nel 1695 i famosi nomi de' suoi comentatori ed illustratori, per conoscere i progressi, che essa fece in breve tempo fra' buoni ingegni. Il Beaune, lo Schooten, l'Hudde, l'Heuraet, il Wit, già abbastanza chiari ed illustri per le proprie scoperte, si sono pur dedicati a promuovere, e propagare quelle del gran Cartesio, e tutti unitamente concorrono con molta lor gloria a magnificare, ed accrescer quella del sovrano loro maestro. Ma oltre di questi quant'altri dotti matematici non impiegarono le loro fatiche per rendere più comuni all'universale intelligenza le scoperte geometriche

(a) *Act. Lips. an.* 1693. (b) *Isag. Topic.* ec. *App. ad Isag.* ec.

del Cartesio? fra' quali però si distinse con particolare merito di chiarezza, e di sodezza il Rabuel. I metodi per le tangenti, e per le questioni de' massimi, e de' minimi de' due principi della geometría, Cartesio, e Fermat, si resero più facili, e più spediti nelle mani dell'Hudde, dello Sluse, e dell'Ugenio. La costruzione de' luoghi geometrici aveva ricevuta dal Cartesio una formola generale, ma ch'era soggetta a molt'imbarazzi: il Craig inventò nuove formole, che facilitarono tal costruzione. E così tutte le parti della geometría colle opere di que' due maestri, e de' dotti loro seguaci si rischiaravano ognora più, e ricevevano gloriosi ed utili avanzamenti.

Gregorio di San Vincenzo.

Mentre questi due francesi si contrastavano il principato nella geometría, il fiammingo Gregorio di san Vincenzo senza entrare in tali pretese spargeva infinito numero di nuove verità, di profonde viste, di estese ricerche, di principj fecondi, di metodi generali, e con un'opera scritta sopra un argomento troppo caduto in discredito, cioè con un'opera sopra la quadratura del circolo arricchì di nuovi lumi la geometría, e meritò, che il Leibnizio lo mettesse in compagnía del Cartesio, e del Fermat, per formare il triumvirato geometrico, ed anche in qualche modo gliene volesse dare sopra gli altri due il primato. Questo genio vasto, profondo, ed originale s'applicò con indefesso studio per venticinque anni alla ricerca dell'inassequibile quadratura del circolo, e s'inoltrò arditamente in tutte le vie più aspre e intricate, che sembravano poterlo condurre ad ottenerla. Pensò prima alla spirale; e sebbene non vi trovò il vero mezzo della cercata misura, ebbe però qualche compenso nella felice scoperta della concordia, e conformità, e, com'egli dice, *simbolizzazione* della spirale colla parabola, mostrando, che la spirale è una parabo-

la involuta, e la parabola una spirale evoluta. Dalla spirale si rivolse alla quadratrice, e la formò in tante nuove guise, e ne dimostrò tante proprietà, che ci avrebbe dato un buon volume su questa curva, se un incendio accaduto nella presa di Praga fatta da' Sassoni non l'avesse consunto. Non vedendo per queste vie la bramata riuscita, s'applicò alle sezioni coniche; e qui fu dove dopo molti giri e raggiri credè finalmente di ritrovarla, e dove ebbe certo la fortunata sorte d'incontrare le più pregievoli scoperte. Quante conformità e convenienze non iscoprì fra l'iperbola e la parabola, fra questa e la spirale, fra l'unghia cilindrica e la sfera, e fra quasi tutte le figure geometriche? Allora si può dir nata la geometría comparata, che si può risguardare come la chiave delle invenzioni geometriche, e delle più recondite verità. La sola scoperta della bellissima ed interessante proprietà dell' iperbola vicina ad una asintota d'avere gli spazj fra loro compresi, crescenti aritmeticamente, mentre l'ascissa cresce geometricamente, e d'esser quindi il logaritmo di tale ascissa, basta a compensarlo abbondantemente delle fatiche impiegate in quelle ricerche. Molte ingegnose e spedite maniere di quadrare la parabola, ed anche l'iperbola, la misura di molti corpi pría non misurati, mille interessanti e curiose scoperte su le progressioni geometriche, ed infinite novità su ogni parte della geometría sono frutti dell'indefesso suo studio per la quadratura del circolo. L'immaginazione riscaldata, e piena di tante scoperte credè di vedervi parimenti la desiderata quadratura: ma che importa a noi di questo suo abbaglio, mentre ci fa godere di tanti bei lumi, e di tante utilissime verità, e ci produce una delle più ricche e preziose opere dell' antica, e della moderna geometría? Uno degli ammiratori di Gregorio di san Vincenzo, e il più valente impugnatore del-

la sua quadratura del circolo, il più giusto suo rivale, l'unico degno di succedergli nell'onore geometrico, fu l'olandese Ugenio, il quale nella cartesiana geometría, non meno che nell'antica, s'è meritato un luogo singolarmente distinto. Fin da' giovaníli suoi anni le osservazioni su la geometría di Cartesio, l'impugnazione della pretesa quadratura di Gregorio di san Vincenzo, e le scoperte ingegnose su le approssimazioni del circolo lo fecero tosto riguardare come un maturo geometra. Ma quando egli levossi alla dimensione delle superficie curve delle conoidi, e delle sferoidi, quando diede il suo metodo di ridurre le rettificazioni delle curve alle quadrature, quando determinò la misura della cissoide, e sopra tutto quando entrato ad anatomizzare la logaritmica, ad esaminarne le aree, le tangenti, i solidi, i centri di gravità, e tutte quante le sue passioni, fece sopra ciascuna d'esse molte ed importanti scoperte, e più ancora quando arricchì le matematiche della teoría delle *evolute*, che sarà sempre riguardata come una delle più grandi e più feconde scoperte della geometría, e scoprì con essa, che la cicloide forma sviluppandosi una cicloide uguale, posta però in situazione inversa, e giunse colla medesima a rettificare varie curve, a determinar le tangenti, e a trovare molte verità nascoste agli altri geometri; allora fu realmente riconosciuto per sommo geometra, venerato da tutti come maestro della geometría, ugualmente che della meccanica, e dell'astronomía, proclamato universalmente per uno de' più sublimi genj, che avessero prodotti le matematiche, e, ciò che forse è più da stimare, venerato dal gran Newton sopra tutti gli altri geometri, e distintamente da lui lodato come il più elegante di tutti i moderni, e il più degno imitatore degli antichi (*a*).

Ugenio.

(a) *In Vita Neutoni* ad extrem.

Mentre nel continente d'Europa sì vivamente si lavorava per avanzare la geometría, nell'isola d'Inghilterra a lunghi passi si conduceva alla sua perfezione. Quella sol'isola produceva tanti illustri geometri, e dava ogni dì alla luce tante sublimi scoperte, che gareggiava, e forse ancor superava essa sola tutto il resto della colta Europa nel procacciare miglioramenti e vantaggi agli studj geometrici. Gran salto le fece fare il Wallis colla sua *Aritmetica degl'infiniti*, o colla particolare sua applicazione del calcolo al metodo già conosciuto dagl'italiani, e da' francesi degl'indivisibili, ed infiniti. Con questa si mise in istato di misurare molte figure, a cui non erano giunti gli altri geometri, e d'assoggettare all'esattezza della geometría mille oggetti, che l'erano fin allora sfuggiti. I problemi su la cicloide, che con tant'enfasi proponeva il Pascal, furono tutti da lui sciolti in brevissimo tempo con molta facilità. Pareva al Cartesio affatto impossibile la rettificazione d'una curva: l'aritmetica del Wallis condusse il Neil a trovarne una; e quindi il Wren, ed il Van Heuraet rettificarono altre curve, e poi l'Ugenio colle sue evolute diede un metodo di rettificarle quasi tutte. Le ingegnose operazioni del Wallis per la quadratura del circolo produssero il metodo delle *interpolazioni*, che presero il suo nome, e da molti chiamansi *Wallisiane*, e sono spesso adoperate nella geometría; le medesime altresì fecero nascere la gloriosa scoperta del Brounker della *frazione continua*, di cui abbiamo sopra parlato, e la sua serie infinita per esprimere l'area dell'iperbole, la prima, che siasi ritrovata, benchè non pubblicata, per quest'oggetto. All'aritmetica degl'infiniti del Wallis dobbiamo anche in qualche modo la *logaritmotecnia* del tedesco Mercator istabilito nell'Inghilterra, nella quale quadrava questi eziandío l'iperbole, e quindi ricavava la co-

Wallis.

struzione de' logaritmi: alla medesima è anche dovuta l'utile invenzione del così detto *binomio newtoniano;* alla medesima in qualche modo può riferirsi il principio del gran ritrovato del calcolo infinitesimale; e generalmente si potrà dire, che la geometría è debitrice al Wallis non solo delle sue scoperte assai per sè stesse utili ed importanti, ma di quelle altresì, che produssero gli altri geometri. Mentre il Wallis, il Neil, il Brounker rendevano nobile, e degna della stima di tutta l'Europa l'inglese geometría; mentre il tedesco Mercator colà stabilito contribuiva anch'egli ad accrescere il suo splendore, vi fiorivano altresì il Barrow, che spiegò nelle sue *Lezioni* sì profonde ed utili cognizioni su la dimensione, e su le proprietà delle curve, e diede un metodo per le tangenti, che apriva largamente la via per arrivare al calcolo differenziale; e il Gregori, non meno eccellente nella geometría che nell'ottica, e degno rivale del gran Newton nell'una e nell'altra, che ritrovò molti teoremi curiosi ed utili per la rettificazione delle curve, e per la trasformazione e quadratura delle figure curvilinee, e ne generalizzò molt'altre; che non contento di dimostrare l'impossibilità della rigorosa quadratura del circolo, si studiò di cercarne la più immediata approssimazione, e l'applicò ingegnosamente all'iperbole, ch'ei non separa mai dal circolo, con cui conviene in tante analoghe proprietà, ed inventò una serie infinita per esprimer l'area del circolo; dimostrò d'un modo nuovo la quadratura dell'iperbola del Mercator, ed arricchì di nuovi metodi, e di nuove verità la geometría. Così poteva gloriarsi l'Inghilterra d'avere un Wallis, un Brounker, un Mercator, un Barrow, un Gregori; l'Italia aveva prodotti i Galilei, i Torricelli, i Cavalieri, i Viviani; le Fiandre, e l'Olanda vantavano un Gregorio di san Vincenzo, e un Ugenio; la Francia s'insu-

Barrow.

Gregori.

perbiva d'aver prodotto il Vieta, il Roberval, il Cartesio, il Fermat, e da per tutto vedevansi eccellenti geometri quando comparve alla luce del mondo il gran Newton.

Newton. Sembrava, che la natura avesse voluto dar varj saggi del suo potere prima di far quest'ultimo sforzo, e che avesse cercato di sollevarsi a grandi produzioni per venire finalmente a dar fuori quel portento di sublimità d'ingegno, di forza d'immaginazione, di sodezza di giudizio, quel miracolo della natura, quell'ornamento dell'umanità. Geometra incomparabile, superiore a quanti l'avevano preceduto, senza avere avuto dopo di sè chi lo pareggiasse, ha riunito in sè solo tutti i pregi degli antichi e de' moderni, accoppiando la precisione, l'eleganza, e la severità delle antiche dimostrazioni colla fecondità delle invenzioni di nuovi metodi per iscoprire recondite verità, ed ha spiegati tutti i varj talenti dell'invenzione, della dimostrazione, e del calcolo. Ricavò dalla dottrina di Nicomede su la concoide il metodo di costruire le equazioni del terzo, e del quarto grado; perfezionò il modo di descrivere la cissoide inventata da Diocle; sciolse secondo il metodo degli antichi un problema d'Apollonio, e lo sciolse con una eleganza, che invano cercasi nelle soluzioni, che diedero del medesimo problema Cartesio, ed altri algebristi; e si mostrò padrone, e maestro dell'antica geometría, superiore agli stessi antichi nel possesso, e nella padronanza della medesima. Gran lodi si meritò l'ingegno del Mercator, che assoggettando alle regole del Wallis un' espressione, che era stata ribelle a tutti gli sforzi di questo suo inventore, trovò una serie infinita, colla quale giunse a quadrare l'iperbole; ma il Newton prima di lui possedeva un metodo, che non solo all'iperbole, ma estendevasi a tutte le curve, non che alle geometriche eziandío alle meccaniche,

alle loro quadrature; alle rettificazioni, a' centri di gravità, a' solidi formati per le loro rivoluzioni, ed alle superficie di questi solidi (*a*). Che se maravigliosa era la sua sottigliezza nell'immaginare serie infinite, che avessero il doppio merito della convergenza e della chiarezza, e facilità, non recava minore meraviglia la sua aggiustatezza e sodezza nell'applicarle alle dimensioni delle figure più difficili a ritrovarsi. Il Gregori stesso, che nell'uno e nell'altro si era singolarmente distinto, ed era perciò da principio alquanto restío ad accordarne al Newton il principato, riconobbe poi tutto il suo merito, e lo confessò nobilmente co' più ampli e sinceri elogi. Ma per quanto sommo geometra comparisse il Newton coll'invenzione, ed applicazione di serie tanto utili ed ingegnose, di metodi sì fecondi, e di sì grandi scoperte, tutto dovette cedere alla gloria dell'invenzione del calcolo delle flussioni. Allora non ci fu più seno nascosto, e secreto in tutta la geometría, che non si mostrasse aperto, e patente a' sottili suoi sguardi; non vi fu più problema difficile, ed intricato, ch'egli non risolvesse con ispeditissima facilità; nè vi fu difficoltà, che lo trattenesse dall'elevarsi alle più sublimi speculazioni. Per innalzare la gran macchina del sistema dell' Universo, che stabilì egli nell'immortale opera *De' principj matematici*, abbisognava di pieno possesso di tutte le risorse della più fina geometría, e gliel'ottenne pienissimo il nuovo suo metodo delle flussioni. Rettificar curve, misurar aree, determinar tangenti, trovare i massimi e i minimi, fissare i punti d'inflessione, maneggiare a suo grado liberamente le figure tutte e le linee, di cui servesi la natura, e combinare infinite forze, infinite direzioni, e variazioni infinite di forze,

(a) *Anal. per aeq.* ec., e *Meth. flux. et Ser.* in fin.

e di direzioni riuscì al Newton facile e piano coll'ajuto di questo metodo; e si può dire con verità, che il calcolo delle flussioni fece riguardare il Newton come il dio della geometría, e lo levò sopra gli altri uomini nella cognizione della natura. Per diversa via, e sotto diverso aspetto, come abbiamo detto di sopra (*a*), incontrò il Leibnizio il medesimo metodo del Newton, e si rese ugualmente benemerito degli avanzamenti della geometría: la vasta e fervida sua mente, che dagli aridi calcoli lo trasportava alle teologiche, storiche, legali, e filologiche meditazioni, non gli permetteva di seguire tranquillamente le tracce della natura nelle varie sue figure, nè di formare come il Newton piene e compiute opere, dove si vedessero esposte, e spiegate le astruse e recondite verità della più sublime geometría; bastavagli segnar metodi, e fissar regole, e lasciare ad altri l'adoperarle per inoltrarsi a nuove scoperte; bastavagli, com'ei diceva, d'avere gettati i semi, e godeva poi di vederli crescere nell'altrui mani in piante perfette. Ma se egli non uguagliò il merito del Newton nell'applicazione del nuovo metodo a molte ed utili scoperte, lo superò nella spiegazione, e propagazione del medesimo a vantaggio della geometría: le poche regole da lui esposte negli Atti di Lipsia (*b*), come abbiamo detto di sopra, furono le prime lezioni, che riceverono i geometri di quel calcolo. Col suo ingegno, e col suo calcolo differenziale s'era messo il Leibnizio in istato di superare le più gravi difficoltà, e di risolvere i più intricati problemi: e infatti quanti allor se ne proponevano, gli scioglieva tutti colla più agevole speditezza. I due Bernoulli vedendo la superiorità, che nelle ricerche geometriche dava al Leibnizio il suo cal-

I Bernoulli.

(a) Cap. III. (b) 1684, e 1686.

colo differenziale, vollero ad ogni modo acquistarlo, e se ne misero talmente in possesso, che gli poterono recare notabili miglioramenti. L'Hôpital non si tenne contento finchè non l'ebbe appreso dal Bernoulli, e comunicatolo a tutti i geometri. Il Leibnizio, i Bernoulli, e l'Hôpital introdussero, e propagarono in varie guise per tutta l'Europa il calcolo infinitesimale, che il Newton col nome di calcolo delle flussioni aveva appena fatto conoscere nell'Inghilterra; e coll'ajuto di questo calcolo si fece cangiare d'aspetto a tutta la geometría. Tutte le teoríe geometriche de' superiori matematici furono allora condotte a maggiore generalità, ed a più perfetta esattezza. I problemi, ch'erano stati per l'addietro inaccessibili a' più valenti geometri, si arresero allora alle loro speculazioni. La curva *brachistocrona*, la *catenaria*, la *velaria*, l'*elastica*, la curva, per così dire, *isopiestica*, ossia quella che in un piano verticale sarebbe sempre ugualmente premuta in ciascuno de' suoi punti con una forza uguale alla gravità assoluta del corpo, che la descrive, ed altre curve prima invisibili a' più acuti geometri, si lasciarono allora vedere col mezzo di questo calcolo. Il principale vantaggio della moderna sopra l'antica geometría è d'avere tali metodi da poter ritrovare senza maggiore forza d'ingegno verità più difficili con maggiore facilità. E' gloria degli antichi l'avere fatte molte scoperte senza l'ajuto de' nostri metodi: lode è de' moderni l'avere inventati sì acconcj e possenti metodi per farne altre tanto maggiori. Come mai avrebbe potuto altrimenti Giacomo Bernoulli rettificare, e quadrare la spirale logaritmica, e la lossodromica, sviluppare tutte le proprietà della spirale, e delle curve che la producono, e che sono da essa prodotte, stabilire la profonda sua teoría delle curve, che girano intorno a sè stesse, e fare tant'altri sforzi di matematico valore?

L'Hôpital.

Vantaggi della nuova geometría.

Come avrebbe ardito Giovanni d'immergersi nelle astruse speculazioni degl'isoperimetri, intraprese anche da suo fratello Giacomo, del solido della minore resistenza, delle trajettorie, de' centri d'oscillazione, e di varj altri punti, che sì grande apparato addimandano di sublime geometría? Come avrebbe potuto il Varignon trattare le leggi de' movimenti composti, e delle forze centrali dirette ed inverse, che deono ricavarsi dalle più recondite cognizioni d'una finissima geometría, e trattarle con tanta generalità, che niente alle sue formole sfugge di quanto è nel distretto delle materie che tratta? Questa in realtà si può dire la vera epoca del glorioso trionfo della geometría. Ugenio, Newton, Leibnizio, i' Bernoulli, l'Hôpital, Varignon, Tailor, e qualch'altro lor simile la fecero superare colla maggiore agevolezza tutte le difficoltà, che avevano prima atterriti i più valenti geometri.

Altri geometri.

In quell'epoca d'onore della geometría sentivansi da per tutto ritrovati geometrici, e geometrici miglioramenti. Menavano gran romore le famose caustiche dello Tschirnausen, corrette dal la Hire, e grandemente accresciute, e perfezionate dai Bernoulli. L'epicicloidi scoperte dal Roemero, ma spiegate, e svolte dal la Hire, occuparono l'attenzione de' matematici, e degli artigiani. Il Lagni volle creare una nuova scienza nella sua goniometría, dalla quale ricavava una trigonometría assai più semplice e comoda che la comune, ed avanzò la ciclometría portando l'approssimazione della quadratura del circolo ad una esattezza da far stupire i più valenti calcolatori. Il Tailor, il Maclaurin, ed il Simpson, animati dallo spirito del Newton, applicarono la finezza e scrupolosità del suo calcolo alle geometriche operazioni, e diedero alla teoría delle curve maggiore rischiarimento.

Ma il più grande lustro e splendore venne alla geometría dalla scuola di Giovanni Bernoulli, di quell'amico del Leibnizio, di quell'emulo del Newton, di quel fratello, e rivale di Giacomo Bernoulli, di quel maestro non inferiore ad alcuno, uguale a' più illustri geometri delle antiche e moderne età. Da quella scuola uscirono i principi della geometría, i tre figliuoli Niccolò, Daniele, e Giovanni Bernoulli, l'Erman, il Maupertuis, il Clairaut, ed uno che vale per molti, il grand'Eulero; lo stesso d'Alembert, che non potè ricevere lo spirito del Bernoulli dalla sua bocca, l'acquistò da' suoi scritti, e si professa apertamente suo discepolo, confessando avere tutto imparato dalle sue opere, e dovere a lui intieramente quanti progressi ha fatti nella geometría (a). Ed ecco incominciarsi allora una nuova e più illustre epoca per la geometría, agitarsi più sottili investigazioni, e far nascere nuovi metodi, levarsi più fine speculazioni, ed obbligare a creare nuovi calcoli, rinvigorirsi, e ingrandirsi con tali ajuti la geometría, e sottomettere alle sue leggi tutte le scienze. L'esame delle oscillazioni d'un pendolo, la teoría della figura della terra, la discussione del problema de' tre corpi condussero il Clairaut a determinare nuove curve, ed a scoprire molte nuove geometriche verità. L'idrodinomica di Daniele Bernoulli, l'ingegnosa sua dimostrazione del principio della composizione delle forze, ed altre simili sue opere s'internano in sottilissime speculazioni, che richiedono maggiore forza di calcolo geometrico di quanto allor conoscevasi, e ci presentano infatti qua e là nuovi metodi, ed osservazioni importanti su' metodi già conosciuti, onde raffinare vie più il calcolo, e penetrare più addentro ne' misterj della geometría.

Scuola di Giovanni Bernoulli.

Clairaut.

Daniele Bernoulli.

(a) *Eloge de Monsieur Jean Bernoulli.*

Il problema delle corde sonore, benchè in apparenza non tanto grave, ancora dopo il Tailor, ed altri geometri del principio di questo secolo ha occupati a' nostri dì Daniele Bernoulli, l'Eulero, l'Alembert, il la Grange, e i più profondi matematici dell'Europa, ed ha fatto nascere interessantissimi ritrovati in algebra, e in geometría. Deono al d'Alembert nuovi lumi la rettificazione delle sezioni coniche, la quadratura delle curve superiori, la quadratura delle superficie de' coni obliqui, e mille altri punti di sublime geometría. Le profonde sue ricerche meccaniche ed idrostatiche su le leggi dell'equilibrio, e del moto de' corpi, su le cagioni de' venti, su la precessione degli equinozj, su la pressione e su l'equilibrio de' fluidi, su la vibrazione delle corde sonore, e su tant'altri difficili punti l'hanno condotto a guardare sotto un nuovo aspetto le figure geometriche, e regolare in nuova maniera i calcoli geometrici, e gli hanno fatto inventar nuovi metodi per rintracciare ogni sorta di geometriche e fisiche verità. Ma chi più di tutti ha promossa l'analisi, ed ampliati i confini della geometría è stato senza contrasto l'Eulero. Non si può studiare parte alcuna di questa scienza, dove non si veda primeggiare l'Eulero come inventore di nuove teoríe, e come promotore di quelle degli altri. Il Fagnani con singolare accortezza d'ingegno determinò gli archi d'ellisse o d'iperbole, la cui differenza è uguale ad una quantità algebraica: l'Eulero ha poi grandemente arricchito questo nuovo ramo di geometriche cognizioni. Giovanni Bernoulli, il Maupertuis, e il Nicole avevano proposti metodi per trovare curve rettificabili su le superficie della sfera: l'Eulero diede a questo problema maggiore estensione, e vi aggiunse anche metodi per le superficie curve, le cui parti corrispondenti alle parti d'un dato piano sono uguali fra loro. Il calcolo del-

Alembert.

Eulero.

le differenze finite, indicato appena dal Tailor, e dal Nicole, e quello delle differenze parziali inventato dal d'Alembert deono all'Eulero la loro perfezione, e la vantaggiosissima applicazione, che se n'è poi fatta a' più sottili punti della geometría. Egli inventò il calcolo de' seni, e de' coseni, col quale s'agevola la soluzione de' problemi, che senza tale ajuto si dovevano abbandonare. Egli ritrovò un metodo ingegnosissimo per risolvere il problema degl'isoperimetri nella maggiore sua estensione, a cui non erano giunti neppure i Bernoulli: e se il la Grange seppe ancor dargli un grado di perfezione, che gli mancava, egli tosto lo ricevè, e presentollo nel migliore suo lume. Egli è stato il primo, che abbia sviluppata la teoría generale delle superficie curve, e quella altresì di raggi osculatori di tali superficie. Egli ha fatte utilissime ricerche su le trajettorie reciproche, sul solido della minore resistenza, su la curva della più veloce discesa, e su tutti gli altri punti della geometría. Laonde con ragione può dirsi, che dèe all'Eulero questa scienza il notabile ingrandimento, in cui or vedesi in tante sue parti, e, ciò che dèe esserle ancor più prezioso, il vedersi regnare su tutte le altre matematiche discipline, soggette tutte all'irresistibile suo calcolo.

Tutti questi sublimi geometri, e quanti allor fiorivano con maggiore fama d'ingegno, tutti s'attenevano all'analisi algebraica, tutti respiravano calcolo, nè vedevano che numeri, lettere, e segni algebraici: intanto il Boscovich, geometra non inferiore ad alcuno, ma non tanto propenso per gli analitici calcoli, volle sostenere l'abbandonata sintesi, e assoggettò alle sue leggi que' problemi medesimi, che ad essa si credevano superiori, e solo ubbidienti all'analisi algebraica. Non contento d'avere giovato alla geometría con alcune

Boscovich.

particolari scoperte su le sezioni coniche, e su la sferica trigonometría, volle onorarla col dimostrare pel solo mezzo delle sue linee, e figure quelle profonde e recondite verità, che solo parevano capaci di dimostrazioni coll'ajuto de' calcoli analitici, ed applicando felicemente alla fisica, all'ottica, all'astronomía le sue scientifiche soluzioni, sparse gran lume su quelle scienze, e in tutte fece risplendere, come dice il de la Lande (a), il genio più raro per la geometría. Non ha però incontrati il Boscovich molti seguaci. Il la Grange, il la Place, il Condorcet, e tutti que' geometri, che regnano presentemente nelle matematiche, hanno abbracciato l'esempio de' Bernoulli, dell'Alembert, dell'Eulero, ed amano più di seguire le feconde teoríe dell'analisi, che le sicure sì, ma difficili e lunghe sposizioni della sintesi. Ma gli studj intensi, che or fannosi per l'avanzamento del calcolo analitico, i nuovi metodi, che ricercansi pel miglioramento delle sue operazioni, tutto ha per oggetto la facilità delle risoluzioni de' problemi geometrici, la sicurezza del maneggio delle curve, la perfezione della geometría; la meccanica, l'astronomía, e tutte le scienze, che vogliono qualch'esattezza, si assoggettano al calcolo, ma per entrare col suo mezzo nell' asílo della geometría; e vedesi la geometría dominare regina, ed arbitra in tutte le scienze. Ciò non pertanto vorrebbono alcuni, che in tanto ardore di calcolo e d'algebra entrasse più studio di pura geometría, e che mentre il calcolo apre le vie, e facilita le scoperte, si prendesse la geometría a dare evidenza, e forza di convinzione alle esatte dimostrazioni. Il bizzarro sì, ma spesso anche giudizioso, e sempre ingegnoso Castel teme, che l'impegno, che tutti ora prendo-

La Grange, ed altri geometri.

(a) *Notice ec. Journ. Encycl. Mai* 1787.

no pel calcolo, sia in pregiudizio della stessa geometría, al cui vantaggio dovrebbe servire, e che come le truppe ausiliarie nelle armate romane, mentre non furono che ausiliarie, e un terzo al più delle legioni romane, giovarono all'ingrandimento della possanza romana, e alla conquista dell'universo; ma quando empirono le armate, e furono più che le legioni romane, le condussero al precipizio, e le annientarono affatto; così il calcolo, che, riguardato come un ajuto della geometría, è stato di sommo vantaggio pe' suoi avanzamenti, preso come il principale farà la rovina della geometría, ingombrerà la mente di segni, e caratteri algebrici, che niente rappresentano all'immaginazione, e la priverà della chiarezza, bellezza, e forza della luce geometrica. E perciò vorrebbe egli, che si combinassero, ed unissero insieme, e si facessero marciare del pari geometría e calcolo, come truppe legionarie ed ausiliarie; che servisse il calcolo per aprire le strade, e far delle prese, ma che restasse per la geometría lo splendore della vittoria; che s'adoperasse il calcolo per abbozzare le idee, e seguire i dettaglj, ma che il merito della scoperta, il corpo della dottrina fosse tutto opera della geometría (*a*). Noi conformandoci co' desiderj di quel zelante geometra per una perfetta ed intima unione del calcolo, e della geometría, e lasciando a' geometri l'assegnare all' uno ed all'altra quelle parti, che saranno loro più convenienti, passeremo a seguire il corso delle altre parti delle matematiche miste, e comincieremo dalla Meccanica.

(a) Pref. all'Opera dello Stone del Calc. int.

CAPITOLO V.

DELLA MECCANICA.

Origine della meccanica.

Se gli antichi inventori degli stromenti, e delle arti meccaniche avessero riflettuto a' principj, onde furono insensibilmente condotti a tali invenzioni, e gli avessero sposti alla comune istruzione, si sarebbe forse in breve tempo formata una scienza assai perfetta della meccanica. Quante cognizioni, e quante teoríe non richiedono la formazione, e il maneggio d'ogni stromento meccanico, e le più piccole operazioni di ciascun'arte? Ma quegl'inventori talor per un intimo senso, e un movimento diretto del proprio genio, o per una confusa, e non bene sviluppata ragione, talora forse per caso s'avvennero in que' ritrovati, come or anche vediamo accadere comunemente a' nostri artefici in simili invenzioni, non vi furono condotti da fondati principj, da idee generali, e riflesse, da studiate teoríe; e qualunque poi fossero le loro cognizioni su tali materie, non sono state da essi sposte, e comunicate agli altri, nè hanno potuto servire a formare un corpo di dottrina, e stabilire una scienza della meccanica. Questa riconosce, come tutte le altre, il suo principio da' greci, e può contare da essi non piccioli avanzamenti. Archita, quel famoso meccanico dell'antichità, il quale fece macchine sì portentose, che sono state celebrate da tutti i posteri, fu il primo geometra, che, secondo il testimonio di Laerzio (*a*), trattasse la meccanica non di mera pratica, ma valendosi de' principj matematici, e il primo che conducesse o regolasse il moto istrumentale o meccanico con figure geo-

Greci meccanici.

(a) *In Archita* dice realmente Ταῖς μηχανικαῖς ἀρχαῖς; ma pare chiaro, che debba dire μαθηματικαῖς.

metriche, il primo insomma, che in qualche modo potesse dirsi meccanico, quale noi ora nel presente trattato lo richiediamo. Benchè in tutti que' tempi non abbia saputo trōvare notizia d'altro geometra, che scrivesse su la meccanica, pur è d'uopo, che ne sieno stati parecchj, e che le speculazioni meccaniche occupassero lo studio di molti matematici. Imperciocchè già al tempo d'Aristotele si annoverava la meccanica fra le parti delle matematiche, che si fondano nella geometría (*a*); ed egli stesso più precisamente determina a qual parte della geometría s'aspetti; e la ristringe a quella, che tratta de' solidi, ossia la stereometría (*b*). Ma nondimeno sembra, che non si fossero molto avanzate le cognizioni degli antichi in questa parte, mentre vediamo, che i problemi d'Aristotele, l'unico monumento degli scrittori di quell' età, donde noi possiamo raccogliere qualche indizio della loro perizia teorica nella meccanica, riportano sì insussistenti ed assurdi ragionamenti, che ci fanno credere non essersi ancora svelati al suo tempo neppure i primi principj di quella scienza. Laonde non v'era motivo perchè il Vossio si facesse maraviglia di non vedere citata l'opera d'Aristotele da Archimede, nè dagli altri meccanici posteriori (*c*).

Archimede.

Quindi senza diminuire ingiustamente la gloria degli antichi matematici potremo noi riconoscere come il primo maestro, ed il creatore della meccanica il grand'Archimede, al quale dobbiamo i veri principj della statica, ed anche dell' idrostatica. Celebri sono nella storia le molte e portentose sue macchine, colle quali non solo promosse ed accrebbe le arti meccaniche, ma potè far fronte, e porre argine, uomo solo, ed inerme, all'irresistibil potere delle armate romane.

(a) *Anal. prior.* I. (b) Ivi. (c) *De Scient. Math.* cap. XLVIII.

Infinite sono le invenzioni, che gli antichi riconoscevano d'Archimede, e Pappo (*a*), rammentandoci quella di muovere con una data potenza un dato peso qualunque sia, onde potè dire: datemi un sito ove posare, e moverò tutto il globo terracqueo; la chiama la quadragesima invenzione meccanica d'Archimede. Pur fra queste invenzioni non sono le macchine quelle, che fanno la vera sua gloria. Il maggiore suo merito presso i matematici è l'avere col suo divino ingegno scoperti, e fissati i principj e fondamenti di quella scienza. Egli dimostrò il gran principio fondamentale, che due pesi in equilibrio nelle braccia d'una bilancia sono reciprocamente proporzionali alle loro distanze dal punto d'appoggio; egli sodamente fondò la statica su l'ingegnosa idea del centro di gravità; cercò questo centro in differenti figure, e ne fece utilissime applicazioni; egli insomma creò la meccanica. Le molte, ed utili macchine da lui inventate, ed eseguíte gli guadagnarono le lodi, e la venerazione del suo secolo; ma le dotte opere, le sode verità, ed i giusti principj da lui ritrovati e spiegati hanno assai più giovato alla gloria del suo nome, ed alla istruzione della posterità. Così a ragione possiamo noi riconoscere Archimede pel vero padre della meccanica. Oltre Archimede cita Vitruvio (*b*) un Diade, un Ninfodoro, un Difilo, un Carida, e parecchj altri greci scrittori, che trattarono quella scienza, e (*c*) ci descrive alcune macchine, ed alcune invenzioni di Ctesifonte, di Ctesibio, e d'altri greci, che fanno vedere le vaste e moltiplici cognizioni, e il genio attivo ed inventore di quella dotta nazione. Restano ancora a monumento del loro sapere alcuni scritti d'Ateneo coetaneo d'Archimede, d'Erone celebra-

Altri greci.

(a) *Coll. Math.* VIII. (b) Lib. VII *Praef.*, et al. (c) Lib. X.

to da tutti gli antichi nella meccanica, di Filone bizantino, di Bitone, e di qualch'altro, dove molte invenzioni si riportano di questi stessi, e di varj altri greci meccanici, e ci si dà qualche idea dello studio, e profitto, ch'erasi fatto nella Grecia in questa, come in tutte l'altre matematiche discipline. Ma niente ci fa meglio concepire lo stato delle meccaniche cognizioni presso i matematici greci, che l'ottavo libro delle collezioni di Pappo. Colà vedesi come non solo avevano questi conosciuta, e studiata profondamente la meccanica *chirurgica* o manuale, e questa in infinite sue spezie, ma che s'erano anche internati nella razionale, e che di tutte le operazioni della manuale avevano ricercate le matematiche dimostrazioni. Archimede è giustamente riguardato da Pappo come il dio della meccanica, che colla forza del superiore suo ingegno giunse a conoscere di tutte le macchine, delle lor forze, e de' loro effetti le ragioni, e le cause. Erone scrisse della leva, del cuneo, e dell'altre potenze o facoltà, alle quali si riducono tutte le macchine, anche de' nostri dì, e descrisse in particolare varie macchine non conosciute, che procacciavano comodo e facilità pel movimento de' pesi. Il medesimo Erone, e Filone dimostrarono la ragione, onde tutte queste cinque potenze, benchè di figura molto diversa, si riducano ad una sola natura; ed Erone particolarmente non solo spiegò dottamente la sopraccitata quarantesima invenzione d'Archimede, e mostrò chiaramente la costruzione di quel problema, ma spose molti problemi utilissimi, e convenienti agli usi, ed a' comodi dell'umana società. Lo stesso Pappo contribuì non poco a' progressi della meccanica, e può dirsi con verità, che a lui più che ad alcun altro greco, dopo Archimede, si debbano gli avanzamenti di quella scienza. Perciocchè prendendo egli a discutere tutta la parte geometrica del-

Pappo.

la meccanica, non solamente ridusse a maggior forza, ed a ragioni più esatte i teoremi conosciuti, e spiegati già dagli antichi, ma egli stesso ne ritrovò alcuni di moltissima utilità; e cominciando dal centro di gravità, donde tutte le parti della meccanica dipendono, non si ferma nelle cose già note, ma ne propone altre più profonde e recondite, mostra l'uso, che si può fare del centro di gravità per la dimensione delle figure, dottrina tanto importante per la meccanica, e per la geometría, ed insegna la gran verità, che le figure prodotte per circonvoluzione d'una linea, o d'una superficie sono fra loro in ragione composta delle figure generatrici, e delle circonferenze descritte pe' loro centri di gravità, donde tante belle scoperte derivano per la meccanica, e geometría.

Romani.

Questa può dirsi tutta la meccanica degli antichi: alle teoríe di Archimede, e di Pappo sono ridotte le loro scientifiche cognizioni. Se i romani riportarono lode per l'invenzione, pel maneggio, e per la descrizione d'alcune macchine; se alcuni greci e latini de' tempi posteriori si sono distinti per qualche meccanico ritrovato, tutto ciò dèe attribuirsi ad una pratica artifiziosa ed illuminata, e ad un ingegnoso istinto; non basta però ad accrescere le teoriche cognizioni, nè ad avanzare la scienza meccanica.

Arabi.

Gli arabi lavorarono bensì su l'opere d'Aristotele, e d'Archimede; ma o niente seppero aggiungere alla dottrina de' loro originali, o non sono almeno a noi pervenute le loro scoperte. Non parleremo dunque nè del latino Vitruvio, che dottamente ci descrive molte macchine antiche, nè de' greci Eliano, Arriano, Maurizio, ed altri, che trattarono della tattica, nè d'Antemio celebre macchinista, ed autore d'un'opera su le macchine maravigliose; nè di Boezio, Gerberto, Alberto Magno, Rugiero Bacone, nè d'alcuni altri conosciuti per l'invenzione di qualche

Greci e latini posteriori.

macchina; nè di Giordano Nemorario, e del Regiomontano, che de' pesi scrissero geometricamente, nè di verun altro scrittore di que' secoli: per vedere la meccanica trattata come scienza esatta, ed illustrata con nuove teoríe bisogna discendere al secolo decimosesto. L'ardore, che allor prendevasi pe' greci autori, faceva, che si leggessero, e comentassero non solo le questioni meccaniche d'Aristotele a que' tempi molto stimate, ma eziandío le opere di Archimede, e di Pappo, che sono i veri maestri, e si studiassero pertanto le loro speculazioni geometriche, e meccaniche. Ingegnose sono le spiegazioni geometriche, che dà Pietro Nugnez sul moto delle navi co' remi, e su altri punti meccanici. Più d'appresso toccò la meccanica il Tartaglia, il quale benchè non giunse a ritrovare la giusta dottrina su' progettili, può nondimeno chiamarsi il primo autore, che insegnasse qualche verità della ballistica. Più addentro penetrò in quella scienza il dotto comentatore degli antichi il Commandino, che lasciò un libro di centrobarica, e cercò il centro di gravità ne' solidi, non cercato da Archimede, benchè non seppe trovarlo in molti; nel che si meritò a quello stesso tempo molto maggiore lode d'ingegno, e di sapere Luca Valerio. Ma il primo, che potesse in qualche modo guadagnarsi il nome di meccanico, altri non fu che il marchese Guid'Ubaldo, il quale non solo sparse alcuni bei lumi su questa materia ne' comenti dell'opera degli equiponderanti d'Archimede, ma ne' proprj suoi libri, imbevuto, com'egli era, della dottrina d'Archimede, e di Pappo, cominciò a colpire nelle vere ragioni de' fenomeni meccanici, ed a mostrarsi meccanico. Allor si può dire, che incominciò a risorgere quella scienza. Allora il dotto matematico Stevin non solo verificò la dottrina degli antichi, e ne corresse gli errori, ma l'ampliò eziandío

Guid'Ubaldo.

Stevin.

con molte sue scoperte, e l'arricchì di molte nuove ed utili verità. Allora finalmente comparve il gran Galileo, il vero lume della meccanica, e l'illustrò con tanti importantissimi ritrovati, che potè con ragione chiamarla una nuova scienza.

Galileo.

Il Galileo ci fece conoscere il moto in tutti i suoi aspetti, moto equabile, moto accelerato, moto projettorio, moto oscillatorio, moto de' gravi per linea perpendicolare, moto de' medesimi per piani inclinati, moto per l'aria, e moto per altri mezzi diversamente resistenti, il moto insomma in tutte le sue diverse circostanze, e nelle differenti sue combinazioni, e creò in questo modo una scienza, ch'era in realtà intieramente nuova. Non s'è veduta nelle scienze una serie sì piena, e continuata di sottili ed utili scoperte, come quella, che presentò il Galileo nella dottrina del moto. Questo fu il primo avanzamento scientifico, che cominciò a dare a' moderni qualche superiorità su gli antichi. Il moto equabile, quantunque facile e piano, non era ancora ben conosciuto, finchè non lo spiegò il Galileo, e lo mostrò nel vero suo aspetto. Il moto accelerato gli fu più fecondo di belle scoperte; e in una materia, in cui non si profferivano che errori, seppe insegnarci moltissime verità. Fu un suo trionfo il dimostrare, che la forza di gravità è uguale ne' corpi di non ugual peso, e che la velocità d'un corpo grave non è proporzionale al peso di detto corpo. Sono venerate da tutti i meccanici le sue leggi dell'accelerazione de' gravi: che non dagli spazj percorsi, ma da' tempi debba prendersi l'accrescimento della velocità; che il mobile percorra lo spazio con moto accelerato nel tempo che un altro lo passerebbe con moto equabile di suddupla velocità; che gli spazj percorsi crescano per numeri dispari, e sieno come i quadrati de' tempi; e così delle altre. La resistenza de' mezzi gli diede campo

ad altre scoperte, e seppe assegnare le proporzioni delle velocità ne' mobili simili o dissimili nello stesso, o in diversi mezzi, e fissare alcune leggi della resistenza di tali mezzi. Moltissime sono le verità, non meno utili che curiose, che scoprì l'acuto suo ingegno nella discesa pe' piani inclinati. Egli trovò, che la velocità del corpo grave, o l'impeto di discendere, è in ragione diretta delle altezze, o inclinazioni, e inversa delle lunghezze de' detti piani; e ne dedusse alcuni ingegnosissimi e sodissimi paradossi, tirando in un circolo dall'apice del diametro quante corde si voglia a qualunque punto della circonferenza, e tirando all'opposto dalla circonferenza alla linea orizzontale diversi piani, che tocchino questa linea o prima, o dopo, o all'arrivare al diametro; e fece quella grande scoperta, che, quantunque non ancora perfetta, è stata forse il più bel volo geometrico, che possa vantare la meccanica, che non è la linea diritta, benchè la linea più breve, quella della più breve discesa, ed aprì la via al ritrovamento della *brachistocrona*, che occupò tanto i Bernoulli, e i più profondi geometri. Nuovi meriti procacciò al Galileo il moto projettorio, fin allora non ben conosciuto; ed a lui dèe la ballistica l'entrare nella classe di scienza esatta. Egli determinò ad una parabola la linea percorsa dal corpo projetto, segnò quale sia l'impeto di questo ad ogni qualunque punto di tale parabola, e mostrò mille altre utilissime verità. La dottrina del Galileo è stata la guida de' matematici posteriori, che hanno illustrata la ballistica, e gli scritti del Blondello, del Belidor, de' Bernoulli, del Maupertuis, dell' Eulero, e d'altri grand'uomini possono riputarsi frutti non meno che confermazione delle scoperte del Galileo. Nè minore gloria si acquistò il Galileo colla sua dottrina sul moto de' pendoli. La dimostrazione d'essere le lunghezze de' pen-

doli in proporzione duplicata de' tempi delle vibrazioni, e l'applicazione di essa per misurare le altezze degli edifizj fu la prima sua scoperta meccanica, che mostrava già abbastanza quanta fosse l'acutezza della sua mente per seguire gli andamenti della natura. Ma quale non fu la sorpresa de' matematici al sentirgli annunziare l'isocronismo delle vibrazioni d'un pendolo per archi diversi sotto un quarto di cerchio? Perfino al dotto Guid'Ubaldo, uno de' pochissimi di que' tempi, che fossero capaci d'intender tali dottrine, parve questo un incredibile paradosso. Ma il Galileo in una lettera a lui diretta, e poi ne' dialoghi lo espose con tale apparenza di verità, che non si volle meno che la perspicacia dell'acutissimo Ugenio per trovarvi un picciolo fallo, e per fissare l'isocronismo de' pendoli non negli archi circolari, ma ne' cicloidali. La statica fu da lui ridotta ad un sol principio, dal quale tutte le proprietà delle macchine deriva; e quest'è, che per muovere un passo qualunque v'abbisogna una forza maggiore del peso, o se pur la forza è minore, che sia d'una velocità tanto maggiore, che compensi la minorità della forza; principio, che falsamente vuolsi da alcuni attribuire al Desaguliers, quando da tanti anni prima era già stato scoperto dal Galileo. Da questo anche prende il la Grange (*a*) i due principj fondamentali dell'equilibrio, cioè il principio della composizione delle forze, e quello delle velocità virtuali, che sono poi stati tanto fecondi di meccaniche cognizioni. Nella centrobarica, benchè troppo brevemente da lui trattata, seppe nondimeno trovare utilissime verità. Sembrava, che non potesse riguardare alcuna parte della meccanica senza scoprirvi delle proprietà non ancora vedute da altri. Quan-

(a) *Mech. anal.* part. I, sez. I.

te non ne trovò nella coerenza de' corpi, o nella loro forza di portar pesi senza spezzarsi? Se il Viviani ed il Grandi, se il Mariotte e il Leibnizio, se il Varignon e il Muschembroeck hanno poi data maggiore ampiezza, e perfezione a questa materia, nessuno però ha avanzato un passo, se non dietro alla scorta del Galileo. Non fu che un leggiero sguardo, che potè questi dare su la forza della percossa; ma sol questo sguardo quante belle verità non gli fece vedere per misurare detta forza, e per trovarla infinita, per paragonarla colla pressione, per fissare la diversità delle percosse, e per altre curiosissime proprietà! Così avesse egli distese, e spiegate, e non soltanto abbozzate le sue viste, e ne avesse scritto un perfetto trattato! Ha dato però lume al Borelli per illustrare più pienamente questa materia; e dovrà anche in questa parte essere riguardato come il primo e vero maestro. Qual lode dunque non merita il Galileo, che ha saputo ricavare dal seno della natura tanti tesori d'utilissime verità, chiuse e nascoste per tanti secoli a' penetranti sguardi de' filosofi e matematici! Ella è una gloria singolare ed unica del Galileo l'avere levato, per così dire, dal niente una nuova scienza, ed essere stato non sol maestro, ma padre, e creatore della meccanica. Dietro la scorta del Galileo si seguitò a studiare nell'Italia questa nuova scienza sì feconda d'importanti e curiose verità. Ne scoprì, e provò molte contemporaneamente il Baliani; il Riccioli, il Grimaldi, ed altri fisici, e matematici illustrarono, e confermarono con molte nuove sperienze e ragioni gl'insegnamenti del Galileo. Più avanti s'inoltrò il Torricelli, ed arricchì d'un nuovo principio la statica, e d'altre nuove scoperte la ballistica, e migliorò in varj punti, ed accrebbe la dottrina del suo maestro. Così parimente fece il Viviani, così anche il Borelli, il quale scrisse

Baliani, Riccioli, Grimaldi, ed altri.

Torricelli.

Borelli.

su la forza della percossa, e formò una meccanica animale nella sua opera assai dotta *De' movimenti degli animali*; e così andò sempre più ampliandosi la meccanica nella scuola del Galileo.

Francesi meccanici.

Intanto i francesi cercarono anche in questa parte d'emulare la gloria degl'italiani, e s'applicarono a scoprire nuove verità, nè vollero comparire meri seguaci, e discepoli del Galileo. Gli studj geometrici, in cui erano saliti a tanta gloria, davano loro gran lume per potersi felicemente inoltrare in recondite discussioni. Quindi le profonde questioni eccitate fra' matematici francesi su la posizione del centro di gravità in alcune particolari circostanze, e su' centri d'oscillazione, su cui tanto si dibatterono il Cartesio, ed il Roberval, e in cui amendue molte nuove notizie scoprirono, ma non poterono cogliere in tutto nel giusto segno (*a*). Il Roberval fu in questo punto molto superiore al Cartesio, e s'accostò più dappresso alla verità: diede determinazioni esatte del centro d'agitazione de' settori e degli archi di circolo mossi perpendicolarmente al loro piano, ed osservò, che mentre dovevasi ricercare il centro d'oscillazione cercavasi dal Cartesio, e dagli altri quello soltanto di percussione; egli s'applicò a varj saggi meccanici, e vi trovò alcune dimostrazioni ingegnose, e scoprì un principio di statica, che è stato poi di grand' uso, cioè, che due potenze saranno in equilibrio qualor saranno in ragione reciproca delle perpendicolari tirate dal punto d'appoggio su le linee di direzione (*b*). Più vaste furono le disquisizioni meccaniche del Cartesio, il quale volea anch'egli diventare legislatore del moto; e si sarebbe acquistata maggior lode, se in vece di sprezzare, come fece ingiusta-

Roberval.

Cartesio.

(a) *Cartes. epist.* tom. III, Mersen. *Cogit. Physic. Math.*

(b) Mersen. *Harmon. univ.*

mente (*a*), il Galileo, si fosse studiato d'imitarlo. Ma sfortunatamente per lui solo potè incontrare la verità, quando seguì in qualche modo le tracce del Galileo; e prese errore quando volle attenersi alle proprie immaginazioni. Esaminò la statica, e la ridusse, come il Galileo, ad un solo principio, che bisogna tanta forza per levare un peso ad una certa altezza, come per levare il doppio ad una metà di essa altezza (*b*). Meditò su le leggi del movimento, e sviluppò più chiaramente le verità accennate qua e là dal Galileo, cioè che sussiste, e continua perpetuamente il moto nella stessa direzione e velocità, finchè non venga alterato da qualche ostacolo; che si fa sempre ogni moto per sua natura in linea diritta, e che non si muove un corpo in linea curva, se non perchè viene cambiata continuamente la sua direzione da qualche ostacolo. Ma abbandonatosi poi a' suoi principj metafisici inciampò in molti inescusabili errori. Fu merito della sua sagacità il pensare a cercare quali leggi potesse seguire la natura nella comunicazione del moto. Ma qui fu dove lasciandosi condurre dalla sua immaginazione, che la quiete de' corpi sia una vera e reale forza, e che Iddio per la sua immutabilità conservi sempre nel mondo la stessa quantità di moto, e non osservando la dovuta distinzione fra i corpi duri e gli elastici, ma prendendoli tutti a mazzo, stabilì leggi per la comunicazione del moto, che per la maggior parte sono vane ed insussistenti, che alle volte prescrivono a' corpi duri ciò che solo conviene agli elastici, e spesso dicono quello, che per gli uni, e per gli altri è falso, ed assurdo (*c*). Lo stesso suo fedelissimo seguace Malebranche, sì fermamente attaccato alle sue dottrine, rigettò prima co-

(a) Ep. xcI. (b) Ep. LXXIII, part. I; e *Tract. de Mechan.*

(c) *Princip.* part. II.

me false queste leggi cartesiane (*a*), e poi cercò in qualche modo di raddrizzarle (*b*); ma non ardì mai d'abbracciarle. Cartesio stesso nelle sue lettere parla alle volte di queste materie diversamente che ne' *principj*, e spesso con maggiore giustezza e verità. Ma anche nelle lettere presenta tante idee false ed insussistenti, talor eziandío unite alle vere e giuste, che mostra non aver mai formato che un confuso e mal digesto abbozzo della dottrina del moto (*c*). Ad ogni modo i tentativi del Cartesio se non ebbero buona sorte nell' incontrare le vere leggi della comunicazione del moto, servirono ad eccitarne altri assai più felici. La regia Società di Londra invitò i più dotti matematici dentro e fuori dell'Inghilterra a ricercarne le più sode e sicure teoríe. Il Wallis, tanto benemerito dell'algebra e della geometría, recò anche gran vantaggio alla meccanica spiegando con giustezza, e verità le leggi della comunicazione del moto, ed altre dottrine su tali materie (*d*). Il Wren, inventore d'alcune ingegnose macchine, e d'alcune teoríe, e ricerche meccaniche, e d'alcune scoperte particolarmente nella meccanica architettonica, illustrò anche le leggi della comunicazione del moto con generalità, chiarezza, e brevità.

Wallis.

Wren.

Ugenio.

Ma più di tutti il celebre Ugenio contribuì a mettere nel suo vero lume la dottrina di tale comunicazione: tutti e tre trovarono per diverse vie le medesime leggi, che sono le vere, e le ricevute generalmente da tutti; ma l'Ugenio si distese anche alla dimostrazione d'altre nuove verità. Egli fece vedere, che qualora sono opposte le direzioni de' corpi mossi, si perde bensì coll'urto qualche parte del moto, nè può dirsi col Cartesio, che la natura ne conservi sempre la

(a) *De inq. ver.* lib. VI, c. ult. (b) *Leg. gen. mot. comm.*
(c) V. Ep. LXXIII, part. II et al. (d) *Tract. de Motu*.

medesima quantità; ma è sempre vero, che il centro di gravità comune a' detti corpi o è immobile, o si muove prima, e dopo l'urto colla stessa velocità, e che se non è invariabile assolutamente la quantità del moto, lo è però la quantità del moto verso una direzione. Questa scoperta portata a gran generalità dall'Ugenio, è stata poi ricevuta, e confermata con nuove dimostrazioni da' moderni geometri. La legge della conservazione delle forze vive, o, com'altri dicono, delle forze ascensionali, per la quale il centro di gravità d'un sistema di corpi ha la forza d'ascendere alla stessa altezza onde è disceso, è un'altra curiosa ed utile scoperta dell'Ugenio. Sua è parimente la bella ed ingegnosa osservazione, che se un corpo ne urta un altro in riposo col mezzo d'un terzo di grandezza media fra tutti due, gli comunica più moto che se lo urta immediatamente, e cresce sempre più questo moto, quanto più crescono i corpi intermezzi di grandezza proporzionale. La verità di queste scoperte dell'Ugenio, e delle leggi della comunicazione del moto è stata sempre più confermata non solo colle nuove dimostrazioni de' matematici, ma eziandío colle sperienze de' fisici, i quali fanno vedere agli occhi ciò, che l'Ugenio non presentava che alla sottile ragione. Le scoperte di questo sommo geometra non si sono ristrette alle sole leggi della comunicazione del moto; hanno abbracciati più profondi, e più reconditi oggetti. L'orologio oscillatorio gli prestò campo a finissime e sottilissime speculazioni, alle quali non dubitava di dare sopra tutte l'altre sue la preferenza (*a*). Veramente la prima idea, e forse anche l'esecuzione di simile orologio deesi riferire all'immortale Galileo, il quale fino da'

(a) *Dedic.*

primi anni delle sue sublimi meditazioni pensò già d'applicare il moto del pendolo alla misura del tempo; e nell'età più avanzata scriveva a Lorenzo Reali come chi aveva trovato il modo di farlo, ed egli stesso, o il suo figliuolo Vincenzo coll'intervento del Gran-Duca Ferdinando II fece eseguire un orologio a pendolo da Marco Treffler orologiaro di quel Gran-Duca. Così dice Gian-Gioacchimo Becher (*a*) averlo sentito raccontare, e dal chiarissimo Magalotti, testimonio in questa parte irrefragabile, e dallo stesso Treffler, che confessava avere lui fatto in Toscana il primo orologio a pendolo, ed un modello di questo esser passato in Olanda (*b*). Del che dice il Nelli aver egli un documento anecdoto, che pubblicherà nella sua *Vita del Galileo*, tanto desiderata dalla repubblica letteraria (*c*); e il testimonio del Viviani (*d*), e que' di molti chiarissimi soggetti, che si leggono nelle lettere d'uomini illustri, pubblicate dal Fabroni, è varj altri monumenti ce ne fanno pienissima fede. Quindi hanno alcuni voluto levare all'Ugenio la gloria dell'originalità, ed imporgli la taccia di plagiario, perch'egli e presso al re di Francia, e presso agli Stati-Generali d'Olanda (*e*) se ne spacciava per inventore. Ma per quanto vero sia questo racconto del Magalotti, e del Treffler, del Viviani, e di tant'altri, e tutto che io punto non dubiti d'una qualch'esecuzione dell' orologio galileano, non ardirò d'accusare di menzogna, e di plagio un uomo dell'acutezza d'ingegno, e della sincerità di cuore del candidissimo, e sottilissimo Ugenio. Egli schiettamente ci narra la storia di questa sua invenzione, e ne pren-

(a) *Experim. nov. curios. de Minera arenaria perpet.*

(b) V. Nelli *Sagg. di St. Lett. Fior.* ec. (c) Ivi.

(d) *Vita di Gal.*, e *Lett. al Conte Magalotti*.

(e) *De Horol. oscillat.* ec. *Dedic.*

de ingenuamente l'origine dall'uso de' pendoli, applicato alcuni anni prima dal Galileo per la misura del tempo, e adoperato poi dagli astronomi movendo colla mano i pendoli, e contandone a vista le vibrazioni: perchè non avrebbe con uguale candore riferita all'orologio imperfetto del Galileo l'origine del suo levato alla giusta esattezza, e perfezione? Questo fu messo in opera nel 1657, e nel 1661 vennero all' Ugenio lettere da Parigi, richiamandone al Galileo l'invenzione, ed egli stesso lo raccontò tosto a Niccolò Heinsio, ma protestandosi religiosamente di essergli giunta affatto nuova la notizia di tale fatto, nè averne mai prima avuta la menoma contezza: *Sancte testatus*, come lo stesso Heinsio scriveva al Dati (*a*), *sancte testatus ejus rei cum ignarissimis ignarum se fuisse*. Benchè queste lettere di Parigi, e i sopraddetti monumenti, e varj altri, che se ne potrebbono addurre, provino assai convincentemente, che gloria è del Galileo non solo la prima idea, ma una qualche esecuzione altresì o per sè stesso, o per suo figlio dell'orologio oscillatorio; bisogna dire nondimeno, che non troppo felice riuscisse questo primo orologio, dacchè nè magnificato fu allora colle lodi degli studiosi e degli amici del Galileo, nè adoperato poscia dagli astronomi e dagli artisti, nè conosciuto appena, fuorchè da pochissimi della corte del Gran-Duca, i quali stessi ben presto lo dimenticarono, finchè non ne richiamò loro la memoria il nuovo orologio dell'Ugenio. Sicchè potè questi essere affatto all'oscuro di tale tentativo del Galileo, potè provarlo da sè senza veruna preventiva cognizione, potè metter in dubbio, e negar anche con qualche ragione, che nè il Galileo, nè suo figlio fossero mai riusciti a formare un simile

(a) *Clar. Belg. ad Ant. Magliab. nonnullosque al. ep.* vol. I.

orologio, potè ottenere giustamente la lode di originalità, potè esserne realmente primo inventore. Certo l'orologio del Galileo, ancor quando fosse riuscito nella costruzione, non poteva, attesi i principj della sua dottrina, giungere alla bramata esattezza, e soltanto dopo le scoperte geometriche, e meccaniche dell'Ugenio poteva sperarsene uno perfetto. Credeva il Galileo con qualche apparenza bensì di ragione, ma senza la necessaria verità, che fossero tautocrone le vibrazioni d'un pendolo per archi compresi in un quarto di circolo; la geometría de' suoi tempi non conosceva ancor la cicloide; nè poteva dargli lumi bastanti per fissare i centri d'oscillazione ne' pendoli; per la costruzione stessa del meccanismo dell'orologio mancavano molte teoriche cognizioni, e molte notizie geometriche superiori a quanto allora sapevasi. L'Ugenio perfezionò la dottrina del Galileo su l'accelerazione de' gravi, ed esaminando le proprietà della cicloide, allor tanto in voga, trovò, che in questa soltanto, e non nel circolo si faranno nel tempo stesso le discese da qualunque punto, e che saranno soltanto isocrone le vibrazioni del pendolo, qualor si faranno in archi cicloidali, non ne' circolari, confessando egli stesso, che la scoperta di questa proprietà della cicloide è un frutto della dottrina del Galileo. Non bastava la sterile cognizione di questa proprietà della cicloide, bisognava trovare il modo di fare eseguire nell'orologio le vibrazioni cicloidali. Trovoila l'Ugenio coll'applicare il filo del pendolo ad una cicloide rovesciata; e questa speculazione lo condusse felicemente alla sublime teoría delle *evolute*, che gli fu feconda di tante scoperte, e lo coronò di sì alta gloria. Bisognava altresì determinare la lunghezza del pendolo, necessaria per fare ogni secondo una vibrazione; e determinolla l'Ugenio valendosi della stessa teoría delle *evolute*. Ma

non bastava nè pure determinare soltanto in generale tale lunghezza, bisognava applicarla non a qualunque parte del pendolo, ma al suo centro d'oscillazione; bisognava rischiarare la fin allora oscurissima teoría de' centri d'oscillazione. Ed ecco un nuovo campo all'Ugenio di fare utili e gloriose scoperte. Il Cartesio, il Roberval, ed il Fabri, invitati dal Mersenno, s'erano applicati ad esaminare questa materia; ma poco avanti erano andati, nè avevano pur saputo riguardarla pel vero suo verso, e confondevano il centro d'oscillazione col centro di percussione: solo il Roberval giunse a conoscere veramente gli elementi, che deono entrare in tale ricerca; ma non gli bastarono i lumi della meccanica di que' tempi per risolvere la questione. L'Ugenio, com'egli stesso racconta (a), fin dalla prima sua gioventù fu anch'egli invitato dal Mersenno ad entrare in questa ricerca; ma non seppe allora neppur trovare la via d'incominciare tale speculazione. Arricchito poi di maggiori lumi di geometría, e condotto di nuovo a questo esame dalle sue meditazioni su le vibrazioni de' pendoli, e sul bramato orologio, la riprese con maggiore felicità: non sol trovò la soluzione de' problemi del Mersenno, che invano avevano rintracciata gli anteriori geometri, ma s'ingolfò in più profonde ricerche, s'aprì nuove vie, si formò più sicuri principj, e discoprì molte notabili verità su' centri d'oscillazione, su' punti di sospensione, sul vero modo di regolare le vibrazioni del pendolo. La dottrina dell'Ugenio su' centri d'oscillazione ci ha poi prodotte molte bellissime teoríe de' Bernoulli, dell'Hôpital, del Tailor, dell'Eulero, dell'Alembert, de' più valenti geometri; e la dottissima sua opera è stata feconda di tant'altre non

(a) *Horol. oscill.* par. IV.

meno dotte, e forse anche più fine ed esatte. Così all'orologio oscillatorio dobbiamo una più profonda cognizione della discesa de' gravi, lo scoprimento di nuove proprietà della cicloide, la dottrina delle evolute, la teoría de' centri d'oscillazione, ed un notabile miglioramento non solo della meccanica, ma eziandío della più alta geometría. L'utilissima, e sublimissima dottrina delle forze centrifughe, e di tutto il moto circolare dèe anche in qualche modo la sua origine a quel fecondo orologio. La forza centrifuga de' corpi mossi circolarmente è stata sempre conosciuta da' filosofi, ma non mai attentamente esaminata da nessuno. Il Galileo, ed il Cartesio nel parlare de' movimenti de' corpi celesti, e nel trattar qua e là della dottrina del moto, hanno accennate alcune verità, che mostravano avere essi più chiare e giuste idee di tali forze, che nè gli antichi, nè i moderni filosofi non avevano potuto formare. Ma la vera notizia di questa forza, i veri principj di questa teoría ci sono solamente venuti dalle profonde speculazioni dell'Ugenio. I giusti e precisi teoremi da lui lasciati (*a*) sono la soda base, su cui si è poi innalzata la gran macchina della scienza delle forze centrali, alle quali può dirsi ridotta l'astronomía, e la più nobile parte dell'umano sapere. Tante scoperte, tante novità, tanti meriti innalzano l'Ugenio all'alto onore di secondo padre, e maestro della meccanica, che ha rinforzati, accresciuti, e perfezionati gl'insegnamenti del Galileo in quella scienza, e n'ha saputo trovare da sè altri nuovi non meno veri, ed interessanti.

Newton.

Coll'Ugenio, e col Galileo entrò a parte il Newton ad essere legislatore, e regolatore del moto. La gran macchina, che aveva in testa di stabilire gli andamenti de' corpi celesti, di svelare le mutue lor relazioni, e di scoprire la vera

(a) *Horol. oscill.* par. v.

costituzione dell'Universo, gli presentava un'infinita varietà di forze e di moti, e l'obbligava ad esaminare più intimamente le azioni di tali forze, e la natura de' varj moti. Da tre leggi semplicissime, conosciute già in parte da altri filosofi, ma da nessuno abbastanza spiegate, e determinate a' moltiplici loro usi, cioè, che ogni corpo persevera nel suo stato di quiete, o di moto uniforme e diritto, se non quando dalle forze impresse è obbligato a mutare quello stato; che la mutazione del moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e che si fa secondo la linea retta, in cui s'imprime quella forza; e finalmente che ad ogni azione v'è sempre una contraria ed uguale reazione, ricavò egli moltissimi corollarj, che danno gran lume a tutta la scienza del moto, e gli fanno strada per innalzarsi a fissare i movimenti della luna, de' pianeti, e delle comete, e a contemplare gl'immensi spazj del mondo. Come i corpi celesti non discendono per linee verticali, non corrono per orizzontali, non si muovono per diritte, ma seguono sempre le curve, si prende il Newton ad esaminare profondamente le forze, che dirigono tali moti, e come, e quando debbano farsi questi, e quali effetti a ciascuno di essi possano convenire. Il Keplero stabilì quelle due famose leggi pe' movimenti celesti, che sono state le regolatrici di tutta l'astronomia, cioè, che i pianeti movendosi intorno al Sole descrivono aree, che sono proporzionali a' tempi, e che i quadrati de' tempi periodici sono come i cubi delle distanze. Il Newton entra a generalizzare queste leggi; prova, che saranno proporzionali a' tempi le aree descritte da' corpi che girano tirando i raggi ad un centro immobile delle forze; che i corpi, che descrivono tali aree, saranno tirati a quel centro da una forza centripeta; che se descrivono tali aree tirando i raggi al centro d'un altro corpo, co-

munque mosso, saranno tirati da una forza composta dalla centripeta e dalla forza acceleratrice dell'altro corpo; e va esaminando le circostanze diverse de' corpi, che si muovono in giro, e dimostrando quali forze, ed in quale maniera agirebbero sopra di essi, quale sarebbe il centro, intorno cui i corpi si moverebbono, quale la forza centripeta in un circolo, quale in una spirale, quale in un'elisse, quale in altre linee, quali velocità corrisponderebbero in qualunque di quelle circostanze, quali spazj si percorrerebbero, quanto tempo vorrebbesi, e generalmente quanto v'è da considerare in ogni moto circolare, tutto viene spiegato dalla vasta mente del Newton, e dimostrata ogni cosa col geometrico suo rigore. Che ricchezza di sublimi teoríe non profonde da per tutto il generoso suo spirito! Che immensa copia di sottilissime verità non esce dalla feconda sua penna! Trovar tangenti, descrivere trajettorie, trasformare figure, risolvere difficili problemi geometrici sono per lui passaggieri trattenimenti, che come per diletto vuole prendersi nelle sue meccaniche disquisizioni. La dottrina de' pendoli trattata dal Galileo, e dall'Ugenio ricevè ancora maggiori lumi dalle diligentissime esperienze del Newton, e dalle geometriche sue dimostrazioni; e su' tempi, su le velocità, su le forze, su le resistenze, su' ritardi delle vibrazioni si sono scoperte nuove ed utili verità. Dopo tanti bellissimi ritrovati dell'Ugenio su l'isocronismo della cicloide ha saputo ancora il Newton mostrare l'originalità del suo genio esaminando tale isocronismo anche in un mezzo resistente in ragione de' momenti del tempo, e in ragione semplice della velocità, e dandone geometrica dimostrazione, ed ha aperto la via a Giovanni Bernoulli *(a)*, ed all'Eulero *(b)*

(a) *Acad. des Scienc.*, *an. 1730.*

(b) *Acad. Petrop. nov. Comm.* tom. IV, et *Mech.* tom. II.

di dimostrarla anche in altre ipotesi più complicate. La dottrina delle forze centrali, e de' moti curvilinei si può dire uno de' più preziosi regali, che abbia fatti alla mente umana la geometría; ed è realmente tutta opera del sublime genio del Newton. Ma non è questo il solo suo merito nella meccanica: d'uopo è bensì conoscere intimamente le forze motrici, e le circostanze diverse de' moti: ma non serve questa sola notizia per la giusta contemplazione della natura, se non si sa quale, e quanta resistenza oppongano a tali forze i mezzi, in cui deono eseguirsi i movimenti. La scienza di queste resistenze è un altro nobile parto della feconda mente del Newton. Qualche saggio n'aveva dato ne' suoi dialoghi il Galileo; ma con quella brevità, e leggierezza, che ad una cosa sol di passaggio toccata, e ad autore, che il primo era a trattare una nuova scienza, potevasi convenire. Il Newton in tempi più illuminati, meglio fornito di tutti gli ajuti della più fina geometría, e delle proposizioni stesse accennate dal Galileo, entra ad esaminare le resistenze de' mezzi, diverse secondo le ragioni diverse della velocità de' corpi, che in essi muovonsi, diverse secondo la diversa densità de' mezzi, e diverse parimente secondo la diversa tenacità, e cóesione delle parti di tali mezzi. La resistenza del mezzo è come il decremento del moto, che produce nel mobile, e nasce dalla reazione del mezzo, e dalla sua tenacità. La resistenza della tenacità è sempre uniforme, e costante; ma quella della reazione dèe misurarsi secondo la densità del mezzo, e la velocità del mobile: quanto più veloce scorrerà il mobile, e il mezzo sarà più denso, più particelle di questo dovranno muoversi, maggior quantità di moto comunicherà il mobile, maggiore ne perderà, e maggiore però sarà la resistenza del mezzo. Quindi il Newton colla sua solita

sottigliezza e profondità prende a considerare diverse ipotesi delle resistenze de' mezzi in ragione o della semplice velocità, o del quadrato della medesima, o parte del quadrato, parte della stessa velocità, od anche della somma della densità del mezzo, e del quadrato della velocità; e in ciascuna determina gli spazj che scorrerà il mobile, la velocità che perderà, e la linea che nel suo movimento dovrà descrivere, e la linea che servirà a mostrare le forze del moto, e quelle della resistenza. Come anche la figura del mobile può far cangiare di molto la resistenza de' mezzi, osservò eziandío il Newton quale resistenza soffrirebbe un corpo sferico, e la paragonò con quella, a cui soggiacerebbe uno cilindrico; e così aprì la via per determinarla sicuramente ne' corpi d'altre figure. Pieno di queste sublimi e giuste teoríe entra ad esaminare il moto circolare ne' mezzi resistenti, che sembra l'oggetto delle precedenti sue ricerche; e prendendo una logaritmica spirale, della quale suppone già conosciute le proprietà, la va applicando al giro del corpo mobile nelle diverse ipotesi delle densità de' mezzi, e delle forze centripete, e spiegando quindi quali debbano riputarsi la forza centripeta, e la resistenza del mezzo per far rivolgere il mobile d'una data velocità in quella data spirale. Con questo apparato di meccanica, e di geometría si fece coraggio per ascendere a' cieli, e fissare colla dovuta sodezza i movimenti de' corpi celesti, battè i vortici cartesiani, gli atterrò affatto, e li ridusse al niente, onde gli aveva tratti la fantasía del Cartesio; e colle due sole forze centripeta e centrifuga obbligò i pianeti a seguire le orbite ellittiche, che lor si convengono, gli assoggettò irresistibilmente alle leggi di Keplero, e mise in sistema, e in buon ordine tutti i cieli. Gran rivoluzione produsse in tutte le matematiche l'opera

de' *Principj matematici* del Newton. Algebra e geometría, meccanica ed idraulica, fisica ed astronomía presero nuova forma da quel sacrosanto e venerando deposito di scientifiche verità. Nuova scienza potè chiamarsi la sua meccanica, che svelò tutti i secreti delle forze motrici, tutte le varietà de' movimenti curvilinei, tutti gli effetti delle diverse resistenze de' mezzi, e molte altre verità risguardanti il moto, che non erano ancora conosciute, e le applicò sì felicemente per ispiegare i misterj della fisica e dell'astronomía; e più ancora può dirsi nuova, perchè da per tutto fu condotta dalla severa geometría, nè fece il menomo passo, nè proferì la più leggiera proposizione, che non fosse regolata dalle sue rigorose dimostrazioni. Allor s'introdusse in tutte le scienze la giusta esattezza e verità; allor si vide la meccanica diretta dalla geometría, e talor anche ridotta all'algebra divenire regolatrice delle altre scienze.

Altri geometri illustratori della meccanica.

Nell'ardore, con cui allora si prendevano le scientifiche discussioni, producevansi continuamente nuove scoperte meccaniche, e facevansi da per tutto utili avanzamenti. Non segnò il Newton la trajettoria, che descrive un corpo in un mezzo resistente secondo il quadrato della velocità; e Giovanni Bernoulli la trovò, non sol pel quadrato, ma per qualunque ragione moltiplicata della velocità; e Niccolò suo figliuolo, il Tailor, l'Erman, e l'Eulero sciolsero lo stesso problema, e a tutta la dottrina delle trajettorie recarono maggior lume. Dalla dottrina su la resistenza de' mezzi del Newton s'indusse l'Ugenio ad esaminare la logaritmica, e propose su questa alcuni teoremi, de' quali diede poi Guido Grandi le convenienti dimostrazioni. Pieni sono gli Atti dell'Accademia delle Scienze (*a*) di Memorie del Varignon per da-

(a) An. 1707 . . . . 1711.

re più generalità alla dottrina newtoniana su la resistenza de' mezzi. Poche parole del Newton intorno alla curvità, che dovrà avere una conoide per soffrire la menoma resistenza possibile del mezzo eccitò gl'ingegni de' più chiari geometri a trattare questo problema, diventato celebre sotto il nome *del solido della minor resistenza*; e l'Hôpital, Giovanni Bernoulli, ed alcuni altri vi trovarono sottilissime soluzioni, e le ridussero a chiare equazioni; e il Bouguer (*a*), ed il Iuan (*b*) l'hanno ingegnosamente, ed utilmente applicato a' veri avanzamenti della costruzione delle navi, e della meccanica nautica. Così il Newton arricchì la meccanica non solo colle sue, ma eziandío colle altrui scoperte; e, ciò ch'è ancora più utile che le stesse scoperte, introdusse nella meccanica l'esattezza della geometría, e ispirò a' suoi seguaci il genio geometrico. Non potè in questa parte gareggiare con lui il suo rivale matematico Leibnizio; ma ebbe anch'egli non poca parte nell'avanzamento di quella scienza. La resistenza de' solidi alla rottura, la resistenza de' fluidi al movimento de' solidi, ed alcuni altri punti meccanici riceverono nuovi lumi dalle sue meditazioni. I problemi meccanici da lui proposti misero ne' sublimi geometri grand'ardore di sottilissime indagini. E' celebre particolarmente quello della *linea isocrona* e perchè fu riguardato come il primo trionfo del calcolo infinitesimale, e perchè servì molto ad avanzare le cognizioni della dinamica. Come per descrivere una curva, nella quale in tempi uguali percorra un mobile uguali spazj, bisogna intimamente conoscere ad ogni punto quale sia la forza del mobile, quali gli effetti, che dèe produrre quella forza in una discesa perpendicolare, e quali in una più o meno inclina-

Leibnizio.

(a) *Traité du Nav.* lib. III (b) *Exam. mar. theor. pract.* tom. I, lib. I.

ta, così le soluzioni d'un tal problema dello stesso Leibnizio, dell'Ugenio, e del Bernoulli servirono ad arricchire di nuovi lumi la meccanica ugualmente che la geometría. La famosa questione delle forze *vive* mossa dal Leibnizio, ed abbracciata al principio di questo secolo da' più valenti fisici e matematici, ed or abbandonata, e disprezzata come questione di voce, eccitò grand'ardore d'esaminare con esperienze, e con calcoli quale dovesse riputarsi la vera misura delle forze de' corpi. Il Cartesio, e tutti gli altri prendevano la forza de' corpi dalla loro massa, e dalla semplice velocità. Il Leibnizio fu il primo a riflettere su la diversità delle forze *morte*, ossia d'un corpo, che soltanto preme, ed è pronto a muoversi; e delle *vive*, ossia del corpo, che già è in moto; e determina le forze *morte* per la semplice velocità, e le *vive* pel quadrato della medesima *(a)*. S'oppose al sentimento del Leibnizio l'abate Conti *(b)*; ma era troppo debole avversario per potergli incutere gran timore. Risposegli nondimeno il Leibnizio *(c)*; e vi fu ancora qualche nuova replica del Conti, e nuova risposta di lui: ma la misura, e la denominazione delle forze vive del Leibnizio non ottenne allora voga presso i matematici, finchè non la prese a difendere, e confermare con nuove ragioni Giovanni Bernoulli *(d)*. Allora molti illustri filosofi e tedeschi, e d'altre nazioni entrarono nel partito leibniziano; e l'Erman, il Wolfio, il Bulfingero, il Poleni, lo s'Gravesande, il Muschembroek, e nella Francia stessa la famosa marchesa de Chatelet con dilicate sperienze, e con sottili calcoli gli recarono più valido e fermo appoggio, e più di tutti il Riccati con un intiero grosso volume

Question delle forze *vive* da lui promossa.

(a) *Act. Erud. Lips.*, *an. 1636.*

(b) *Nouv. de la Rep. des Lettr.*, *Sept. 1786.*

(c) Ivi *Febbr. 1687.* (d) *Disc. sur les Loix de la comm. du mouv.*

lo munì di tutti i soccorsi della matematica, e della fisica (*a*). Non mancavano a' cartesiani nomi illustri da opporre a' nominati leibniziani; gl'inglesi, e i francesi seguitarono a misurare le forze vive secondo la semplice velocità; e il Maclaurin nell'Inghilterra, e nella Francia il Mairan con molta forza d'ingegno, e copia di dottrina sostennero la loro causa; nell'Italia Francesco Zanotti, tanto superiore al Riccati nelle grazie dell'eloquenza, quanto inferiore nella forza del calcolo e della geometría, rispose con eleganti, ed ameni dialoghi a' profondi, ed aridi riccaziani; e il Boscovich contentandosi della forza d'inerzia volle dare il bando alle forze vive, e sciogliere così, o rompere il nodo della questione (*b*). Pure una disputa sì romorosa, che ha occupati tanti, e sì illustri geometri e fisici, è ora abbandonata, e considerata come una mera questione di voce. Infatti tutti e due i partiti convengono in accordare alle forze vive i medesimi effetti: e come solo dagli effetti possiamo noi prendere la vera nozione delle forze, poco dee importarci, che si dibattano nel ricevere, o no, il tempo, in cui si eseguiscono quegli effetti, per un elemento di tale misura, nel trarre questa dalla quantità degli ostacoli, che vince il mobile, o dalla somma delle resistenze, che oppongono al mobile tali ostacoli, e in altre sottigliezze, che niente interessano la meccanica. Il d'Alembert (*c*) espone con molta chiarezza e precisione lo stato della questione, e conchiude forse un po' troppo aspramente, che presa nel suo vero aspetto non può „ consistere che in una discussione metafisica molto futile, o „ in una disputa di parole più indegna ancora d'occupare i

---

(a) *Dial. delle forze vive.* (b) *Diss. de vir. viv.*
(c) *Trait. de Dynam.* Préfac.

„ filosofi „. Ciò non pertanto l'esame di tal questione nelle mani di sì grand'uomini ha apportati alcuni lumi per la vera cognizione delle forze, che forse senza di essa sarebbono loro sfuggiti, ed ha servito non poco all'avanzamento della meccanica.

Proposta di problemi meccanici.

Di maggiore vantaggio le sono stati i problemi meccanico-geometrici, che a que' tempi si proponevano i matematici. Per descrivere la curva catenaria, per la velaria, per l'elastica, per la brachistocrona, e per l'altre curve, che allora si rintracciavano, bisogna attentamente ponderare le forze d'ogni particella in ogni luogo, e ad ogni momento, e si richiedono tanti riguardi, e tante cognizioni meccaniche, che non v'è voluto meno che la perspicacia d'un Newton, d'un Leibnitz, de l'Hôpital, de' Bernoulli per potere esattamente risolvere questi problemi; e certo coll'esame, e collo scioglimento di essi si sono ritrovate molte meccaniche verità, e si è introdotto uno spirito analitico nella meccanica, che l'ha preparata a ricevere quel nuovo stato, in cui si vede presentemente. La richiesta brevità in tanta vastità di materia ci obbliga a passare in silenzio molti meccanici, che allora fiorirono, e molte scoperte, che ogni dì si facevano: ma come non mentovare il celebre Varignon, che nella sua *Nuova meccanica*, e nelle *Memorie dell'Accademia delle Scienze di Parigi* mise in tutto il suo lume il principio della composizione de' movimenti, e ne ricavò tutti i risultati, e trattò tanti punti della statica, e della meccanica con quella generalità, a cui egli innalzar soleva tutti i soggetti, che prendeva ad esaminare? Nuovo campo aprì a' meccanici l'Amontons colla dottrina degli sfregamenti, illustrata poi viemaggiormente da' fisici e da' geometri, e recentemente con maggior apparato di sperienze fatte in grande, e con tutta la sodezza, e seve-

Varignon.

Amontons.

rità della geometría ampiamente trattata dal Ximenez (*a*). Nuovi principj, nuove dimostrazioni, nuove verità ha presentato l'Erman nella sua *Phoronomia*, ed al merito delle proprie invenzioni ha unito quello della sposizione delle altrui scoperte, e quello d'avere ridotto ad un corpo di dottrina la statica, la meccanica, l'idrostatica, l'idraulica, tutta la scienza dell'equilibrio, e del movimento. Finora i geometri, compresi dal piacere di risolvere nuovi problemi, non avevano pensato ad esaminare l'evidenza, che avevano i principj della meccanica; e se realmente fosse, quale, e quanta era necessaria per servire di base ad un sistema di cognizioni veramente scientifiche. Daniele Bernoulli entrò in questo esame, dimostrò rigorosamente il principio della composizione, e decomposizione delle forze, che tendono a concorrere in un punto, e ne ricavò moltissime nuove cognizioni (*b*); rischiarò altri principj, e diede loro maggior estensione; venne a risolvere problemi, e lor impose nuove condizioni, e circostanze, che li rendevano più difficili, e seppe ridurli ad equazioni generali, e sciorli nella maggiore generalità. Il Mariotte, lo s'Gravesande, il Muschembroek, il Desaguliers, ed altri fisici diligenti, e forniti de' lumi della geometría con sottili e concludenti sperienze confermavano, ed illustravano, e talor anche correggevano, e rettificavano la dottrina meccanica de' geometri. Così in varie guise con fisiche e con geometriche dimostrazioni si dava splendore alla meccanica, e colle analitiche soluzioni di tanti problemi meccanici vi s'introduceva lo spirito dell'analisi.

Erman.

Daniele Bernoulli.

Eulero.

In questo ardore di problemi meccanici, di meccaniche ricerche, di scoperte meccaniche, di studio, e d'entusiasmo

(a) *Teor. e Pratic. delle resistenze de' solidi ne' loro attriti.*

(b) *Comm. Acad. Petr.* tom. I.

meccanico, quando il Galileo aveva creata la scienza dell'accelerazione de' gravi, e de' movimenti, che ne derivano, l'Ugenio aveva fissate le leggi della comunicazione del moto, delle vibrazioni de' pendoli, del centro d'oscillazione; il Newton aveva regolato i movimenti circolari, e le resistenze de' mezzi, ed aveva resa arbitra de' cieli la meccanica; l'Amontons aveva formato un nuovo ramo di meccanica colla dottrina degli attriti; il Varignon aveva semplificata tutta la statica, e ridotte le meccaniche cognizioni a maggiore generalità; il Leibnizio, l'Hôpital, i Bernoulli, il Maclaurin, il Tailor, il Fontaine, ed altri geometri non ad altro pensavano che a' problemi meccanici; l'Erman aveva formato un corpo di dottrina, benchè troppo ristretto, delle meccaniche cognizioni; Daniele Bernoulli aveva dimostrati, e ridotti ad evidenza geometrica alcuni principj meccanici; quando insomma tutto respirava ardore meccanico, tutto mostrava accesa brama, ed inquieta premura degli avanzamenti della meccanica, comparve al suo ingrandimento, ed al maggiore suo splendore l'Eulero. Fedele questi alla diletta sua analisi, volle anche introdurla, e farla dominare nella meccanica. L'Ugenio, il Newton, l'Erman, e tutti gli scrittori di meccanica l'illustrarono con esatte e scientifiche dimostrazioni; onde restavano bensì i lettori persuasi e convinti della loro verità, ma non prendevano, come confessa di sè stesso l'Eulero (*a*), una chiara e distinta idea da poter risolvere le stesse questioni, qualora si presentassero con qualche leggiero cambiamento. Venne l'Eulero, e provandosi a trattare analiticamente le proposizioni sinteticamente dimostrate dal Newton, e dall'Erman, vide accrescersegli molto le cognizioni, ed estendersi lunga-

(a) *Mech.* Praef.

mente le sue vedute; onde raccogliendo, e trattando alla stessa guisa l'altre verità da altri qua e là disperse, che riguardavano quella scienza, avvenendosi in nuove questioni non ancora toccate da altri, e sciogliendole felicemente, ritrovando nuovi metodi, e scoprendo nuove verità, diede al pubblico una meccanica, dove tutta la scienza del moto si vide per la prima volta ridotta all'analisi; ed il felice uso, ch'egli ne fece, meritò a questo metodo la preferenza, che ha poi continuatamente ottenuta sopra tutti gli altri. Questo solo vantaggio rendeva già l'Eulero grandemente benemerito della meccanica; ma ve n'erano anche molt'altri, che gli facevano uguale onore. Non v'era problema meccanico, a cui egli non ricercasse una soluzione, ed a cui non apportasse qualche maggior illustrazione, e notabile accrescimento. Sviluppò più chiaramente il principio delle velocità virtuali, quale l'aveva esposto il Bernoulli, e gli recò maggiore generalità (*a*). Esaminò il problema del centro d'oscillazione; e il principio, su cui fondava l'Erman la sua soluzione (*b*), rese più generale questo principio, e l'applicò alla soluzione di varj problemi risguardanti le oscillazioni de' corpi flessibili, ed inflessibili (*c*). Contemporaneamente a Daniele Bernoulli trovò il principio, che i meccanici chiamano *della conservazione del momento del moto di rotazione*, e lo spiegò colla sua solita profondità (*d*). Esaminò il principio *della menoma azione*, non bene stabilito dal Maupertuis, e lo riguardò in un aspetto giù generale e rigoroso, che gli fa meritare l'attenzione de' geometri (*e*). Il problema, che cerca il moto d'un corpo gettato su lo spazio, e tirato verso due punti fissi, è divenuto celebre pel felicissimo uso, che vi fece l'Eulero delle

(a) *Ac. Berl. an.* 1751. (b) *Phoronom.* (c) *Comment. Ac. Petr.* tom. VI I
(d) *Opusc.* tom. I. (e) *Tract. de Isoperim.*

sostituzioni, e pe' risultati, che ne ricavò. Il famoso problema de' tre corpi, quello delle trajettorie ortogonali, e mille altri si vedono sciolti da lui col superior suo magistero. Insomma non v'era problema, che non si trasformasse nelle sue mani, e vestisse nuove sembianze, e non gli servisse a produrre nuove verità; nè v'è principio meccanico, che non abbia ricevuto da lui maggior lume, e non siasi colle sue illustrazioui reso più utile, e più sicuro. Ma principalmente la dottrina del moto de' solidi, ch'ei chiama rigidi (*a*), e noi potremo dir duri, e singolarmente del moto loro di rotazione, che vasto campo non gli aprì da far nascere nuovi rami di dottrine meccaniche, e da cogliere nuove verità? La cognizione de' corpi meccanicamente considerati consiste principalmente, come dice lo stesso Eulero (*b*), nel conoscere il loro centro d'inerzia, e gli assi lor principali. Per quanto perturbato sia un movimento, si può sempre risolvere in progressivo, che si prende dal centro d'inerzia, e in rotatorio, che volgesi intorno all'asse. Quindi esaminati il centro d'inerzia, e il moto, che ne deriva, prende l'Eulero ad esaminare distintamente gli assi de' corpi, e le loro osservabili proprietà. Non erano conosciute le forze, che l'asse sostiene, o che deono applicarsi perchè questo si conservi nel suo sito; ed egli con particolare attenzione osserva in tutti i casi diversi le forze, che l'asse ha da sostenere, e discute anche quei casi, in cui non sostiene veruna forza. In tutti i corpi trova tre assi principali, cioè tre assi, ne' quali il momento dell'inerzia sia il massimo, e il menomo; e la sua analisi lo conduce al bel teorema, dato già dal Segner (*c*), che un solido di qualunque siasi figura può girare liberamente intorno a tre assi fra loro perpendi-

(a) *De motu corp. rigid.* cap. I. (b) Ibid. cap. VIII.
(c) *Specimen theor. Turbinum.*

colari, e gli fa vedere le particolari proprietà di questi assi: Il moto progressivo di tali corpi, il moto di rotazione, il moto misto dell'uno e dell'altro, le forze che producono tal moti, la variazione di questi moti, e le forze che li fanno variare, l'applicazione a' moti de' corpi celesti, ed a que' delle trottole, delle culle, e d'altri corpi terrestri, e quanto v'è d'utile e di curioso in tali moti, tutto viene trattato dall'Eulero colla solita sua accortezza e profondità. La sottile sua analisi gli presenta l'equazione generale del moto d'un corpo, qualunque siasi la sua figura, e qualunque le forze, che agiscono sopra i suoi elementi, e sopra ciascuna delle sue parti, e lo conduce alle più sublimi e fine scoperte; e l'Eulero dovrà riputarsi il vero maestro del moto di rotazione, come il Newton del circolare, e il Galileo della discesa de' gravi. Un nuovo ramo della scienza del moto, un notabile miglioramento e raffinamento di tutti gli altri, e sopra tutto una nuova maniera di riguardar la meccanica, ossia la meccanica ridotta all'analisi, rendono l'Eulero tanto benemerito di questa, come di tutte l'altre parti della matematica, e gli danno viemaggiore diritto di pretendere sopra tutte l'impero universale.

Francesi meccanici.

Intanto che l'Eulero maneggiava da padrone e principe tutte le parti della meccanica, gli presentava la Francia un rivale, che poteva contendergli il principato. L'Accademia delle Scienze di Parigi non voleva essere ad alcun'altra inferiore nel coltivare la meccanica, ed ancor dopo il Mariotte, il Varignon, l'Amontons aveva il Maupertuis, il Bouguer, il Mairan, il Camus, ed alcuni altri, che con nuovi principj, nuove dimostrazioni, nuove sperienze, ed altre nuove scoperte cercavano d'arricchirla. Il problema delle *trattorie* di-

Clairaut.

scusso dal Fontaine eccitò il genio del Clairaut ad illustrare

i problemi meccanici. Un altro propostogli dal Klingistierna gli fece esaminare alcuni punti, in cui si unisce la fisica colla meccanica. Le oscillazioni d'un pendolo, che non si fanno in un piano, il problema de' tre corpi, oggetto dell'attenzione de' più profondi geometri, la determinazione dell'orbita terrestre, la teoría delle comete, il maneggio delle navi, e varie altre materie diedero campo al Clairaut da mostrare, che non era egli men profondo meccanico che sottile geometra. Ma non era ancora questi l'emulo degno dell'Eulero pel principato meccanico. Il d'Alembert fu realmente l'unico, che potesse entrare con lui in competenza: la sua dinamica, il trattato della precessione degli equinozj, ed alcuni altri suoi opuscoli gli davano diritto di sedere al fianco del grand'Eulero. Trovava egli la maggior parte de' principj della meccanica od oscuri per sè stessi, od annunziati, e dimostrati d'una maniera oscura, onde davano luogo a molte questioni spinose; e si mise a didurre i principj dalle nozioni più chiare, ed applicarli a nuovi usi. Il principio da lui ritrovato, che riduce alla considerazione dell'equilibrio tutte le leggi del moto, è stato l'epoca d'una gran rivoluzione nelle scienze fisico-matematiche. Consiste questo, come egli stésso lo espone (*a*), in ritrovare ad ogni istante il moto d'un corpo animato da un numero qualunque di forze col riguardare il moto, che aveva nell'istante precedente, come composto d'un moto, ch'e distrutto da quelle forze, e d'un altro moto, ch'ei dèe prendere realmente, e che dèe essere tale, che le parti del corpo possano seguirlo senza nuocersi mutuamente l'une alle altre. Veramente la prima idea di questo principio si può attribuire a Giacomo Bernoulli, il

Alembert.

(a) *Recher. sur la prec. des Equin.* ec. *Introd.*

quale nella ricerca del centro d'oscillazione de' pendoli considerò i moti impressi come composti di quelli, che i corpi possono prendere, e di que', che deono distruggersi. Ma il d'Alembert riguardò questo principio d'una maniera generale, gli diede la semplicità, e la fecondità, che gli convengono, e ne fece felicissime applicazioni. La teoría dell'equilibrio e de' fluidi, e tutti i problemi fin allora risolti da' geometri, erano diventati corollarj di questo suo principio. Restavagli a dare un mezzo d'applicare il suo principio al moto d'un corpo di qualunque figura, e da forze qualunque sieno animato. Diedelo nel suo trattato della precessione degli equinozj, e poi negli opuscoli (*a*), e l'applicò felicemente a spiegare, determinare, e combinare i due fenomeni astronomici della precessione degli equinozj, e della nutazione dell' asse terrestre, e a fare così incontrastabilmente trionfare il Newton, e l'attrazione. Contemporaneamente cercava l'Eulero la soluzione del medesimo problema di determinare il moto del corpo da quali che sieno forze sollecitato, e lo trovò per via tanto diversa, che quantunque confessi avere veduto il trattato della precessione degli equinozj dell'Alembert, non può entrare in sospetto d'averne prese da lui le tracce, nè molto meno ne dèe venire accusato come plagiario; ma benchè gloria sia d'amendue l'avere sciolto per vie diverse un sì difficile problema, sempre però n'appartiene al d'Alembert l'onore del primato. La dottrina della resistenza de' mezzi fu da lui trattata con una profondità ed estensione, quale non vi s'era adoperata da nessuno scrittore di meccanica (*b*), ed applicata alla soluzione di problemi, che nessun altro ardiva toccare (*c*). Il problema de' tre corpi, varie questioni

(a) Tom. I sec. mem. (b) *Essai d'une nouv. theor. de la resist. des fluides.*

(c) *Opusc.* tom. I p. trois mem.

su l'attrazione, e le ricerche su varj punti del sistema del mondo gli diedero campo di portare nuovi lumi alla meccanica; e si può dire con verità, ch'è opera della sua sottigliezza e profondità la raffinatezza e perfezione, a cui or è condotta questa scienza. In questo stato della meccanica dopo l'Eulero, ed il d'Alembert non parlerò di don Giorgio Juan, tuttochè l'abbia trattata anch'egli col più esatto calcolo, e colle più attente sperienze, ed abbia in varj punti opportunamente corrette le teoríe de' geometri (*a*); non del Riccati, che solo ha lasciato un saggio d'una nuova meccanica, che meditava (*b*); non del Frisio, benchè ricco di calcolo, e di geometría; non del la Place, che in tante memorie accademiche ha presentate le più fine viste meccaniche, accompagnate da tutta la sottigliezza analitica; non del Ximenez, del Lorgna, e d'altri moderni, che alcuni punti particolari hanno dottamente trattati; e solo fermerà la nostra attenzione la meccanica analitica del la Grange, la quale non è un trattato di meccanica, come tant'altre meccaniche, ma può dirsi piuttosto un'arte di trattare la meccanica, non entra ad esaminare il moto, e cercarvi alcune nuove verità, ma prende di mira la stessa scienza, e riduce la sua teoría, e l'arte di risolvere i problemi, che le appartengono, a formole generali, il cui semplice sviluppo dà tutte le equazioni necessarie per la soluzione di ciascun problema, e rende insomma la meccanica un nuovo ramo dell'analisi. Propone, e spiega il la Grange i principj della statica, e della idrostatica, della dinamica, dell'idrodinamica, dà le formole generali per l'equilibrio, e pel movimento, ne deduce le proprietà generali, propone i metodi di trovarvi le equazioni,

La Grange.

(a) *Examen marit.* ec. tom. I. (b) *Lett. de' principj della Mecc.*

scioglie i problemi, e presenta tutta la meccanica assoggettata alle operazioni algebraiche, e ridotta a maggiore facilità.

In questo stato di raffinamento, esattezza, e facilità vedesi presentemente la meccanica: tratti i suoi principj in formole generali, ritrovate le equazioni per la soluzione de' suoi problemi, e ridotta tutta la scienza ad analitiche operazioni, sembra, che niente manchi al suo avanzamento, se non ciò che manca all'analisi, di cui si serve. Pure sarebbe da desiderarsi, che mentre i sommi geometri si sollevano a cercar formole, ed equazioni generali, onde scoprire i movimenti più complicati, e sciogliere le più insuperabili difficoltà, ve ne fossero altri attenti osservatori della natura e delle arti, che esaminassero i fatti, e raccogliessero dati, su cui poter innalzare le teoríe, ed applicarvi le algebraiche operazioni. Talora le speculazioni meccaniche de' geometri sono mancanti di verità, perchè non sono appoggiate alle osservazioni; talor anche essendo vere, e curiose, rimangono inutili, perchè non possono applicarsi alla vera cognizione de' fatti, nè agli usi della natura e dell'arte. Quante bellissime teoríe de' più valenti geometri non esclude il dotto Juan (*a*), smentendole incontrastabilmente colla pratica? Lo stesso Newton conoscendo la necessità delle sperienze per istabilire le teoríe, dopo averne fatte, e replicate moltissime intorno alle oscillazioni de' pendoli, mostra il suo desiderio, che se ne facciano ancora molte più; che si ripetano quelle stesse; che se ne inventino altre diverse, e che tutte si eseguiscano con maggior diligenza ed accuratezza (*b*). Quanto maggiori progressi non potrebbe or vantare la meccanica, se i filosofi nelle loro meccaniche speculazioni fossero stati più attenti a rac-

---

(a) *Exam.* ec. tom. I, Prologo, e altr. (b) *Princ. Math.* tom. II, sez. VI.

cogliere fatti, moltiplicare sperienze, verificar osservazioni, ed avessero presa per guida de' loro calcoli l'osservazione, e la pratica! Or la meccanica si è levata a regolatrice delle altre scienze, ed è diventata la chiave per entrare ne' secreti della natura: ormai tutte le scienze fisico-matematiche si possono riguardare come tanti problemi meccanici: pure i meccanici geometri non danno alle loro ricerche la conveniente estensione, e prendono comunemente per oggetto, e fine delle loro speculazioni i movimenti de' corpi celesti, e le astronomiche teoríe. Quante nuove verità non si presenterebbero a' loro sguardi, se discendendo da' cieli contemplassero su la terra l'infinita varietà di forze, e di movimenti, che la natura, e l'arte producono, e la cui cognizione, se non è tanto sublime e nobile come quella de' moti celesti, può forse essere più utile, e non è certo meno curiosa? La forza della percossa, la coerenza de' corpi, e parecchj altri punti dinamici non sono ancora ben conosciuti, ed interessano la società non meno che i movimenti celesti. Che vantaggj non dovrebbono sperare le arti e le scienze, se la meccanica estendesse le sottili sue meditazioni sopra tutti i soggetti, che le appartengono! Noi intanto ci compiacciamo de' miglioramenti analitici recati da' moderni geometri alla meccanica; le desideriamo maggior estensione nelle ricerche, e maggiori ajuti della pratica, e dell'osservazione, e passiamo a contemplare l'idrostatica, che è una parte della meccanica.

CAPITOLO VI.

DELL' IDROSTATICA.

Origine dell' idrostatica.

L'idrostatica, e generalmente tutta la scienza dell'equilibrio e del moto de' fluidi può considerarsi, ed è realmente una parte della meccanica, benchè talora regolata con alcuni principj alquanto diversi. Noi avendo ora trattata la meccanica de' solidi, spediremo brevemente quella de' fluidi, che ha quasi sempre seguíto lo stesso corso. Archimede è anche il primo maestro, o creatore dell'idrostatica, come abbiamo detto che lo è stato della statica. Vanta in quella, come in questa molte macchine, e molte invenzioni, ma trae la principale sua gloria da' principj scientifici, che ha ritrovati. Egli c'insegna, che i solidi più pesanti posati su un fluido verranno a fondo, que' d'uguale peso s'immergeranno senza profondarsi, ed i più leggieri resteranno a galla, anzi messi nel fondo saranno rispinti all'insù con una forza uguale al grado di gravità, in cui il solido è superato dal fluido; dà le leggi dell' equilibrio di diversi solidi generati da sezioni coniche più leggieri de' fluidi, in cui sono immersi; e spiega i casi, in cui queste conoidi resteranno inclinate, in cui si terranno diritte, ed in cui si rivolgeranno, e si raddirizzeranno; e in tutto mostra quella sottigliezza e sublimità d'ingegno, che lo fanno la maraviglia de' posteri; in tutto parla con una sodezza e profondità, che in tanto lume di meccaniche, e geometriche cognizioni poco o nulla vi hanno potuto aggiungere in questi punti i moderni. Dopo Archimede dovremo anche qui discendere con lungo salto a' secoli più vicini.

Archimede.

Altri greci e latini.

Perchè sebbene Erone, Ctesibio, ed altri greci inventarono ingegnose macchine idrauliche, e pneumatiche, non però ar-

ricchirono l'idrostatica con nuove teoríe; e Vitruvio, Frontino, ed altri latini mostrano bensì cognizione delle leggi dell' equilibrio, e del moto delle acque, ma contenti di servirsene nella pratica ne' grandiosi loro acquedotti, e in altre operazioni, non si curarono di rischiararle co' loro scritti, nè d'accrescere quella scienza colle loro teoriche invenzioni. Gli arabi, più portati per le matematiche speculazioni, coltivarono con maggiore diligenza gli studj idrostatici, e i soli titoli di due opere d'Alkindi, che si riportano nella *Biblioteca arabica de' filosofi*, cioè delle cose che galleggiano nell'acque, e di quelle che in esse s'immergono, provano abbastanza, che non attendevano soltanto alla pratica degli utili loro canali, ed acquedotti, ma si dedicavano altresì alle idrostatiche teoríe. Ma qualunque sieno stati i loro studj, non è giunta a nostra notizia veruna loro scoperta idrostatica. Il primo dopo Archimede, che abbia recato a questa scienza qualche avanzamento, è stato lo Stevin, il quale, diretto probabilmente dalla dottrina stessa d'Archimede, esaminò la pressione d'un fluido sul fondo, e su' lati del vaso, in cui è rinchiuso, e scoprì il paradosso della pressione del fluido ne' vasi convergenti, che può essere molto maggiore del proprio peso; e con più profonde disquisizioni determinò ugualmente la pressione de' fluidi su' lati verticali od inclinati, e su qualunque parte di essi (*a*). Archimede, e lo Stevin aprirono la via per introdursi nell'idrostatica; ma furono superati dal Galileo, il quale può riputarsi il primo vero maestro di quella scienza. Egli riduce la statica de' fluidi a' medesimi principj di quella de' solidi, e co' pesi, e colle velocità spiega l'equilibrio de' fluidi fra loro, e de' medesimi co' solidi. Quin-

Arabi.

Stevin.

Galileo.

(a) Stevini *Hypomnem. Math.* tom. III.

di non solo abbraccia, e per nuove vie dimostra le proposizioni d'Archimede, ma ne scopre molte nuove e curiose verità; diduce il teorema, che la mole dell'acqua, che si alza nell'immergere un solido, o che s'abbassa nell'estrarlo, è minore della mole d'esso solido demersa o estratta, ed ha ad essa la medesima proporzione, che la superficie dell'acqua circonfusa al solido alla medesima superficie circonfusa insieme colla base del solido; e conchiude pertanto, che un solido potrà immergersi tutto sotto l'acqua senza sollevare nè anche la vigesima parte della sua mole, e che all'incontro piccolissima quantità d'acqua potrà sollevare un grandissimo solido; riporta molte interessanti curiosità su' fenomeni, che avverranno a' solidi di figure diverse posati sull'acqua; e dimostra, che non la figura de' solidi, ma soltanto la loro specifica gravità li farà galleggiare, od immergersi. Dalla teoría de' solidi immersi ne' fluidi, e della parte del peso, che in essi perdono, anzichè, come pensò Vitruvio (*a*), dalla mole d'acqua scacciata dal solido immerso, dovè ricavare Archimede la vera quantità d'oro, e d'argento della corona del re Jerone; e dalla medesima teoría prese il Galileo argomento di formare la sua bilancia idrostatica, nella quale mettendo all'un braccio un peso lasciato all'aria, e all'altro braccio sospeso altro solido di peso uguale immerso in un fluido dalla parte del peso, che questo perderà, si potrà didurre la sua specifica gravità: e questa bilancetta del Galileo è stata la madre di quelle del Castelli, e del Viviani, e di tant'altre bilancie idrostatiche, che hanno poi con tanto frutto servíto ad esaminare i pesi, non solo de' solidi, ma molto più de' liquori. Così il Galileo con tanti bei lumi su l'equilibrio de'

(a) Lib. IX, c. III.

fluidi si può giustamente dire il primo vero maestro dell'idrostatica. Ma che non avrebbe potuto sperare da lui l'idraulica, e quanti lumi non avrebbe egli recati al movimento de' fluidi, se avesse lasciato scritto quanto su tale materia aveva meditato, ed aveva intenzione di sporre al pubblico? La sola lettera sopra il fiume Bisenzio c'insegna parecchie verità su due canali d'uguale pendenza, ma di diversa lunghezza, l'uno tortuoso, l'altro diritto, e su la velocità dell'acqua in tali canali, e nelle variazioni di direzione; e parla con tale possesso e maestría della materia, che mostra saperne assai più di quello che scriveva, ed essersi inoltrato non meno nell'idraulica, che nell'idrostatica. Non giovò a queste scienze il Galileo solamente co' proprj studj; ma forse ancora recò loro maggiore vantaggio cogli eccitamenti, che diede a' suoi discepoli per coltivarle con profitto: il Castelli, il Torricelli, il Viviani, il Cavalieri, ed altri eruditi conoscitori del moto, e dell'equilibrio dell'acqua uscirono dalla scuola del Galileo. Al Castelli dobbiamo un nuovo ramo d'idraulica colla teoría, che v'introdusse della misura delle acque correnti, nella quale c'insegnò a calcolare la diminuzione del volume prodotto dalla velocità, dagli altri non osservata. Il Torricelli aprì anch'egli un nuovo campo a questa scienza, ricercò il moto, e la velocità, per dir così, *virtuale* d'un fluido non ancor conosciuta, e determinolla fissando, che non solo un fluido corrente avrà come il solido una velocità corrispondente all'altezza, onde discende, ma che il fluido rinchiuso in un vaso sortendo da un foro aperto nel detto vaso avrà una velocità uguale a quella d'un solido, che fosse disceso dall'altezza del livello del fluido, e che l'acqua escendo da una fontana salirà sempre, levati gl'impedimenti, ad una altezza uguale al livello di quella del serbatojo. Più an-

Castelli.

Torricelli.

cora giovò il Torricelli all'idrostatica, ed a tutta la fisica colla celebratissima invenzione del barometro. Il Galileo aveva osservato, che l'acqua nella tromba, e generalmente nel vuoto ascende trentadue piedi e non più: volle provare il Torricelli se questa osservazione verificavasi a proporzione negli altri fluidi, e trovò infatti, che il mercurio, 14 volte in circa più pesante dell'acqua, non ascendeva che a 27 o 28 pollici, e riflettendo su la cagione di questo fenomeno trovò, che la colonna d'aria atmosferica, che preme sul mercurio del reservatorio del barometro, è quella, che fa innalzare nel cannello il mercurio fino a mettersi in equilibrio. Questa scoperta del Torricelli fu poi incontrastabilmente confermata dal Pascal, il quale colle note sperienze del Monte Puy-de-Dome, e della Torre di san Giacomo di Parigi provò, che quanto più si va in alto, e più piccola per conseguenza diviene la colonna dell'aria atmosferica, che preme sopra il mercurio nel vaso del barometro, tanto meno ascende il mercurio nel tubo. Quindi i fisici sono passati a misurare col barometro l'altezza dell'atmosfera, benchè non sieno giunti a determinarla con precisione, e possono col medesimo assai esattamente fissare le altezze delle montagne, conoscere le variazioni dell'atmosfera, e ricavare varj usi molto giovevoli alle scienze ed alla società, e tutto ciò rende sempre più gloriosa, ed utile l'invenzione del Torricelli. Il Viviani, il Michelini, il Borelli, e tutta l'Accademia del Cimento con iscoperte, con isperienze, e con trattati hanno molto illustrata la materia delle acque; e l'idrostatica riconosce dal Galileo, e dalla sua scuola, dalla Toscana, e da tutta l'Italia i primi quasi, e migliori suoi lumi.

I francesi.

Non era però ristretta alla sola Italia la cultura dell'idrostatica; la Francia parimente si rese molto benemerita di que-

sta scienza. Lascio le speculazioni varie su' fluidi, alle quali si rivolse qua e là nelle sue opere il Cartesio, e nelle quali, benchè soltanto perfuntoriamente toccate, sparge, come in tutti gli altri punti, non poche utili cognizioni. Lascio i *fenomeni idraulici* del Mersenno, tuttochè in essi non poche utili sperienze si leggano. Ma il Pascal, ed il Mariotte hanno in verità tutto il diritto per riporsi tra' primi maestri di quella scienza. Il Pascal, autore delle sopraddette esperienze barometriche, lo fu altresì del primo trattato, dove alcune proprietà dell'equilibrio de' fluidi si dimostrano con rigore geometrico (*a*). Più avanti andò il Mariotte, e si è meritato più lo studio de' posteriori idrostatici. I primi italiani non avevano preso che qualche punto particolare per oggetto delle loro ricerche, e sebbene vi avevano recata gran sottigliezza d'ingegno, e diligenza d'osservazione, ma privi d'opportuni stromenti per le convenienti sperienze, nè ajutati co' lumi degli anteriori geometri, come suole accadere a' primi illustratori di qualunque scienza, non fecero che assaggiare le materie, diradare le tenebre, spargere qualche lume, ed aprire ad altri le vie di stabilire la verità. Il Mariotte, ajutato da' principj, e da' ritrovati degli anteriori idrostatici, co' lumi della geometría, col sussidio degli stromenti potè con replicate ingegnose sperienze, e con giusti ragionamenti stabilire sode teoríe su l'equilibrio, e sul moto delle acque, fissare le velocità nell'altezze diverse, e quindi determinare la quantità, che esce da un vaso, o corre per un canale, e ci lasciò in questa parte un corpo di dottrina assai compiuto, ed un'opera classica e magistrale. Il Varignon, il Parent, il Pitot, e varj altri francesi trattarono chi un punto, chi un

Pascal.

Mariotte.

(a) *Traité de l'equil. des liqu.*

altro, ed illustrarono in varie guise l'idrostatica e pratica, e teorica. Sembrava nondimeno, che dovesse rimanere all'Italia la gloria di scoprire più accertatamente gli andamenti delle acque: l'Italia, che tanto profitto, ed anche tanto danno risente dalle acque, era in dovere, ed in necessità di spiare attentamente i movimenti delle medesime, e di fissare con giustezza le loro leggi. Le controversie fra le provincie e potenze finitime per ottenere il godimento delle acque, e per ischivare i loro danni obbligavano i più rinomati geometri a studiare con attenzione queste materie, e talor producevano utili e gloriose scoperte. Il Montanari, più conosciuto per altre sue osservazioni, si fece anche buon nome per lo studio, e per le osservazioni delle acque, di quelle singolarmente, che alla Laguna di Venezia appartengono. Il gran Cassini in mezzo alle sue celesti speculazioni fu anch'egli destinato ad esaminare le acque, e contemplò i lor canali, e i lor movimenti collo stesso impegno, e colla stessa esattezza, con cui era solito di riguardare le orbite, e i movimenti de' pianeti, e la costituzione de' cieli. Ma il Cassini, già abbastanza ricolmo di gloria per le sue teoríe su le stelle, lasciò ad altri quella di darle su' fluidi. Il Guglielmini fu il vero direttore delle acque, misurò le correnti, esaminò la natura de' fiumi, e fu, per così dire, il Cassini delle acque. Aveva il Castelli dato principio alla misura delle acque correnti, e vi aveva calcolata la velocità da altri non contemplata; ma non era andato più oltre ad esaminare le differenze delle velocità, diverse nella superficie, nel mezzo, e nel fondo; il Guglielmini l'ha esaminata in tutte le sue diverse situazioni, e con replicate esperienze, e con fisici e geometrici ragionamenti ha stabilite le sue leggi per la misura delle acque correnti, ed ha formato una scienza dell'idrometría. Più originali sono

Altri italiani.

Montanari.

Cassini.

Guglielmini.

state le sue speculazioni su la natura de' fiumi; e la sua opera su questa materia è stata detta dal Manfredi (a) non pure originale, ma unica nel suo genere, e nella quale non una, ma due scienze s'insegnano; una intorno alle acque, e l'altra intorno agli alvei de' fiumi. La scienza delle acque non poteva dirsi assolutamente nuova, essendo già stata trattata e dal Castelli, e dal Torricelli, e dal Mariotte, e da alcuni altri, e dallo stesso Guglielmini, benchè anche in essa avesse egli qui saputo fare molti avanzamanti, correggere errori, e trovare nuove verità. Ma la scienza intorno agli alvei de' fiumi, quella che considera le direzioni, le declività, le larghezze, le diramazioni, le sboccature, e l'altre particolarità de' detti alvei, era talmente nuova, che neppur s'erano avvisati i filosofi potersi sopra ciò dare una scienza. Il Guglielmini fu il primo, che riflettesse, che il nascere, e fermarsi degli alvei, essendo opera della natura, doveva soggiacere alle sue leggi costanti; che dalla forza delle acque, e dalla resistenza della materia, che forma il letto degli alvei, dovevano prendersi quelle leggi; che nell'adoperarsi la forza contro la resistenza l'una e l'altra sono variabili, e cresce l'una, o all'opposto scema nello scemare, o crescere dell'altra, e con questi principj s'applicò a ricercare le vere leggi, che segue la natura nella formazione, ed alterazione degli alvei, e a ritrovare una compita teoría di essi, ed un' arte ben fondata per regolarli. La situazione, ossia la profondità, larghezza, e declività de' fondi, la diversa loro natura, or d'arena, or di ghiaja, or di sassi, or d'altro, la rettitudine, o tortuosità degli alvei, l'escrescenza, e decrescenza, lo sbocco d'un fiume in altro, gli effetti della loro unione,

(a) Pref. all'Annot.

gli scoli delle campagne, le nuove inalveazioni, tutto insomma quanto riguarda la natura de' fiumi, e l'arte di regolarli, è stato da lui osservato con acutezza d'ingegno, e con maturità di giudizio; e se non ha potuto cogliere in tutto la verità, in tutto però ha sparsi molti utili lumi, ed ha aperte le vie, e segnate le tracce per rinvenirla.

Le speculazioni degli or nominati idrostatici erano fondate nelle osservazioni, e sperienze, e dirette da una piana ed elementare geometría tendevano all'uso pratico, ed alla popolare utilità; prese allora un più alto volo l'idrostatica, e guidata da una più sublime, e trascendentale geometría appoggiata alla natura stessa del movimento, ed alle proprietà particolari de' fluidi, stabilì principj più astratti, e dettò leggi più universali. Il Newton diede all'idraulica quella impronta di certezza, e d'evidenza geometrica, che soleva imprimere su quante materie prendeva a trattare *(a)*. La pressione de' fluidi per ogni verso sopra loro stessi, e sopra i solidi; la densità de' medesimi prodotta dalla pressione superiore; la resistenza al moto de' solidi; la forza per muovere questi; e mille altre verità furono in poche pagine da lui esposte, e dimostrate colla solita sua severità. L'osservazione non tanto della cataratta, quanto della vena contratta nell'uscita dell'acqua per l'apertura d'un vaso ha corrette le misure degli anteriori idrostatici, ed ha fissate nuove leggi all'idrometría. Il Maclaurin illustrò, e sostenne con tutto il rigore geometrico la cataratta, e tutta la dottrina idraulica del suo maestro *(b)*. Il marchese Poleni *(c)*, e Daniele Bernoulli *(d)* esaminarono con severo e giusto rigore la nuova misura del Newton, e la trovarono conforme alla verità; e sebbene credettero,

Newton.

(a) *Princ. Math.* ec. lib. II, sez. V ec. (b) *Traité des flux.* tom. II.
(c) *De Castel. et Epist. ad Marin.* (d) *Hydrodyn.* sez. IV.

come hanno anche creduto più recentemente il Bossut (*a*), ed il Mari (*b*), poterle apporre alcune variazioni, e ridurla a maggiore giustezza nelle diverse circostanze de' vasi, e de' fori; ma la scoperta di quella misura sfuggita agli altri idrometri tutta deesi alla sottile penetrazione del Newton. Che se Giovanni Bernoulli (*c*), ed il d'Alembert (*d*) hanno rigettata, e combattuta la cataratta, e la dottrina del Newton, e del Maclaurin, non hanno perciò ottenuto, che venga affatto abbandonata dagl'idrostatici, nè lasciano eglino stessi di commendare con molte lodi l'ingegno dell'inventore. La velocità dell'acqua, che sorte in qualunque siasi direzione, e qualunque sia la figura del lume o foro, la forza, da cui è generato tutto il moto dell'acqua, la pressione sul resto del vaso, e mille altre curiose, ed utili teoríe sono da lui colla solita sua sottigliezza discusse. Il conte Riccati, e Daniele Bernoulli, il Michelotti, e il Jurin hanno assai vivamente disputato a maggiore gloria del Newton su la verità d'alcune sue proposizioni; e dopo le più sottili indagini, e le più attente osservazioni hanno dovuto arrendersi alle dimostrazioni di quel sublime maestro, e ricevere come assai sicura verità ciò, che da alcuni era stato rigettato come un paradosso. L'osservazione de' moti ritardati dell'acqua che esce da' lumi de' vasi, e le leggi di tali moti; l'esame del moto propagato per le particole de' fluidi, e del moto circolare, e verticoso de' medesimi, i bei corollarj, e le interessantissime teoríe, che quindi derivano, provano sempre più l'originalità, e superiorità della mente del Newton, che si fa vedere, ed ammirare nell'idrostatica, come in tutte le altre parti delle matematiche. Nuovo aspetto prese la

---

(a) *Hydrod.* tom. II. (b) *Teor. idraul.* tom. I. (c) *Hydraul.*

(d) *De la resist. des fluid.* Introd., e *De l'equil. et du mouv. des fluid.* §. 182.

Altri geometri idrostatici.

scienza de' fluidi dopo essere stata maneggiata dal Newton; gl'italiani Grandi, Manfredi, Poleni, ed altri, padroni del calcolo, e della sublime geometría, e pieni altronde delle osservazioni, e delle pratiche scoperte de' loro nazionali, diedero maggiore ampiezza, e maggiore precisione, e verità alle dottrine del Galileo, del Castelli, del Guglielmini, del Newton, e le arricchirono delle proprie loro speculazioni. Giovanni Bernoulli, l'Erman, ed alcuni altri trattarono con tutto il rigore geometrico alcuni punti di questa scienza, e prepararono gli animi de' matematici per ricevere la grand' opera di Daniele Bernoulli, l'originale, e profonda sua *Idrodinamica*. La teoría del moto de' fluidi aveva occupati, come abbiamo finor veduto, i più illustri geometri, ed aveva pel loro mezzo ottenuta la risoluzione d'alcuni problemi, e la scoperta di varie verità, ma non si era ancor passato a stabilire principj, onde poterla dare in una maniera generale, e poterla ridurre a scienza esatta. Daniele Bernoulli ebbe la gloria d'innalzarla a quest'onore. Egli fissò due principj, uno della conservazione delle forze vive, e l'altro di dividere il fluido, che si muove in istrati paralleli, e di supporre a tutte le particole di ciascuno strato un moto comune, che abbia per tutti la stessa velocità, e la stessa direzione; ed ajutato da questi principj sciolse tutti i problemi risguardanti il getto, e lo scolo d'un fluido, ch'esce da un vaso, o per un semplice foro, o per uno, o più tubi, o che si mantenga sempre pieno il vaso, o che si vada votando. Il moto de' fluidi ne' vasi di qualsivoglia figura, la pressione de' medesimi fluidi posti in moto contro le sponde de' canali, che li contengono, le leggi delle loro oscillazioni ne' sifoni, o ne' vasi comunicanti, l'urto de' fluidi contro i piani esposti alle loro azioni, la teoría dell'aria, e de' fluidi

Daniele Bernoulli.

elastici, tutto viene da lui assoggettato a que' due principj; e se talora qualcuno di questi punti sembra non poter essere compreso sotto i medesimi, la singolare sua accortezza lo sa raggirare con sì ingegnose e plausibili considerazioni fisiche, che finalmente lo conduce dove a lui piace, e lo mette sotto la direzione de' suoi principj. La volubilità del suo ingegno nel trovare risorse nell'analisi per sottomettere a' suoi calcoli tutte le circostanze d'un fenomeno, e l'arte di disporre le sperienze come al presente soggetto si richiedevano, che in tutti i suoi scritti si fanno vedere, spiccano qui particolarmente, e tutto presenta nel Bernoulli l'autore originale, il primo che abbia intrapreso, come dice il d'Alembert (*a*), di determinare il moto de' fluidi con metodi sicuri, e non arbitrarj, il padre, ed inventore d'una nuova scienza. Non per questo restò esente di gravi opposizioni la dottrina di Daniele. Il Maclaurin ricusò d'accettare il principio della conservazione delle forze vive come verità primaria, e come base d'una soluzione, nè volle, che la teoría del Bernoulli fosse considerata com'esatta a tutti i riguardi, essendo fondata in un'ipotesi, che non può supporsi esattamente vera, e s'attenne alla dottrina del Newton, che cercò d'ampliare, e difendere (*b*). Giovanni Bernoulli aveva prima ricevuto, ed applicato a' teoremi idrostatici il principio della conservazione delle forze vive (*c*); ma divenuto poi geloso, con esempio forse unico in tutta la storia letteraria, di suo figliuolo Daniele, per essere entrato a parte con lui nell'ottenere il premio dell'Accademia delle Scienze di Parigi, e per doverlo forse nel cuor suo riconoscere per superiore nel meritarlo, volle abbandonare come indiretto quel principio, su cui il figliuo-

Maclaurin.

Giovanni Bernoulli.

(a) *De l'equil. et du mouv. des fluid.* Pref.

(b) *Traité des flux.* tom. II. (c) *Comm. Acad. Petrop.* tom. II.

lo fondava l'idrodinamica, che l'aveva coronato di tanta gloria, e si rivolse a cercarne un altro più a suo giudizio diretto, ed universale, su cui innalzò la sua idraulica da contrapporre all'idrodinamica del figliuolo (*a*). Il principio di Giovanni Bernoulli consiste in sostituire alla somma de' pesi di tutti gli strati del fluido una sola forza, che non agisca che alla superficie, sostituirne un'altra simile alla somma delle forze motrici delle particole del fluido, e fare poi queste due forze uguali fra loro. La teoría di Giovanni Bernoulli ebbe bisogno anch'essa di ricorrere al principio della conservazione delle forze vive, su cui appoggiava la sua Daniele; e soggiaceva in oltre a parecchie difficoltà, che rilevò poscia il d'Alembert (*b*), nè ha potuto la sua idraulica superare la gloria dell'idrodinamica del figliuolo. La questione su la vera figura della terra giovò anche a formare più esatte teoríe su l'idrostatica. Ricercossi tale figura per mezzo della misura de' gradi, e per le osservazioni de' pendoli; ma si volle anche didurre dalla sua costituzione, e per mera teoría. A questo fine d'uopo era esaminare attentamente le leggi dell' equilibrio de' fluidi, e la situazione, e figura, a cui nel moto e circolare, e di rotazione della terra colle forze centrifuga, e centripeta si dovrebbono ridurre, d'uopo era riportare a più esatti calcoli molte teoríe idrostatiche. L'Ugenio, ed il Newton furono i primi a ricercare per queste vie la figura della terra. Il Maupertuis, e il Bouguer trovarono insufficienti per tale oggetto i principj dell'uno e dell'altro. Il principio del Newton era l'uguaglianza de' pesi delle colonne centrali, delle colonne cioè che si tirano dal centro al polo, ed all'equatore, ed alle altre diverse parti del globo.

Figura della terra determinata per le leggi dell'idrostatica.

(b) *Hydraul. opp.* tom. IV. (b) *De l'equil.* ec. lib. II, cap. III.

Il Maclaurin generalizzò questo principio, ne dedusse molti nuovi teoremi, e li dimostrò rigorosamente col metodo sintetico degli antichi, e con un'accortezza, ed eleganza, che fecero meraviglia a' geometri (a). Maggiore generalità diede ancora a quel principio il Clairaut (b): egli fu il primo a didurre da esso le leggi fondamentali dell'equilibrio d'una massa fluida, di cui tutte le parti sieno animate da forze qualunque esse sieno, e trovò le equazioni a differenze parziali, per le quali si possono esprimere queste leggi, con che fece cambiare la faccia dell'idrostatica. Così dalla questione tanto dibattuta della vera figura della terra ricevè l'idrostatica molto maggior esattezza e perfezione, e si formò quasi una nuova scienza.

Clairaut.

Più avanzamenti le recò ancora il d'Alembert, il quale nel suo trattato dell'equilibrio, e del moto de' fluidi, in quello della resistenza de' medesimi, e negli opuscoli cercò di sostituire principj semplici, e fecondi a' metodi degli anteriori geometri, e trattò tutta la scienza de' fluidi d'una maniera più elegante, più semplice, più diretta, più universale. Esaminò egli le proprietà de' fluidi diverse da quelle de' solidi, e della proprietà, ch'essi hanno di ugualmente premere, ed essere ugualmente premuti da tutte le parti, dedusse chiaramente le leggi principali dell'idrostatica, e la soluzione geometrica e rigorosa di molti problemi fin allora non bene sciolti. Conosciuti i principj generali dell'equilibrio de' fluidi, pensò di farne uso per trovare le leggi del loro moto. A questo fine volle applicare al moto de' fluidi il metodo, che aveva stabilito per quello de' solidi, cioè di riguardare la velocità del corpo, che si muove, come composta

Alembert.

(a) *Mém. sur le flux. et le réflux. de la mer.*

(b) *Theor. de la fig. de la terr.*

da due altre velocità, delle quali una è distrutta, e l'altra non nuoce al moto de' corpi adjacenti; ed acciocchè nel moto del fluido le sue particelle non si nuocano mutuamente, supponendo, che la velocità verticale di tutti i punti d'uno strato orizzontale è la medesima in tutti, trovò, che la velocità dello strato dèe essere in ragione inversa della sua lunghezza, perchè esso non nuoca al moto degli altri. Ajutato da questo principio assoggettò alle leggi dell'idrostatica ordinaria i problemi, che risguardano il moto de' fluidi come assoggettati aveva alle leggi della statica que' del moto de' solidi, e ridusse così tutte le leggi del moto alle leggi dell' equilibrio, e formò una nuova epoca nella scienza del moto. Il d'Alembert fu il primo, al dire del la Grange (*a*), che riducesse ad equazioni analitiche le vere leggi del moto de' fluidi, ed anche all'equazioni, che avevano date alcuni anteriori geometri, seppe sostituirne altre più generali, e più rigorose; ma nondimeno non bastava ancora la sua dottrina analitica, e molte di quell'equazioni non sono che indicate senza portarsi l'analisi tant'oltre, quanto richiedevasi per avere de' risultati precisi, e che potessero soddisfare alla geometrica scrupolosità. Lo fece poscia l'Eulero (*b*), e trattò la materia sotto lo stesso punto di vista, ma con più chiarezza ed estensione; e il d'Alembert, e l'Eulero sembravano avere esaurite le risorse, che per la cognizione del movimento de' fluidi può prestare l'analisi. L'osservazione, e la pratica fecero vedere a don Giorgio Juan molti elementi, che non erano stati conosciuti, non che curati, ed adoperati dagli altri geometri per la costruzione delle loro equazioni; riformò in gran parte, e corresse i loro calcoli idrodinamici, e ci diede

Juan.

(a) *Mech. analit.* sec. par., sept. sect.

(b) *Acad. de Berl.*, *an.* 1755. *Acad. de Pietr.* 1756, e al. *Scient. nav.* ec.

teoríe non men aggiustate alla rigorosa geometría, e più conformi all'esperienza, e alla verità (*a*). Finalmente il la Grange volle ridurre alla maggiore semplicità tutta la teoría de' fluidi; e vedendo, che gli anteriori geometri per istabilire i lor calcoli abbisognavano di ricorrere ad alcune supposizioni, ed a principj fondati su le proprietà particolari de' medesimi fluidi, cercò di formare i suoi senza veruna supposizione, e stando soltanto su' generali principj, e di sottomettere tanto i fluidi che i solidi alle medesime leggi dell'equilibrio, e del moto, e di riunire così la statica, e l'idrostatica, la dinamica e l'idrodinamica come rami degli stessi principj, e come risultati delle stesse formole generali.

La Grange

Questi possono dirsi tutti i progressi dell'idrostatica nelle geometriche speculazioni, e nella parte puramente teoretica. Ma questa parte, benchè possa forse riputarsi la più sublime e più nobile, è però troppo astratta e ideale per poter essere di qualche uso, ed è in oltre poco sicura. E perciò altri filosofi, volendo rendere questa scienza più giovevole alla società, non si contentavano di profonde speculazioni, ma cercavano d'avanzare nella pratica; ed alcuni senza curarsi molto de' calcoli, e delle formole algebraiche, correndo dietro i fatti, e i fenomeni de' fluidi, e più attenendosi a' principj meramente fisici che a' matematici, altri più saviamente volendo unir l'uno e l'altro, gli analitici calcoli, e le fisiche osservazioni, hanno studiato di trovare le pratiche verità, non di stabilire le teoriche, e si sono applicati a lavorare macchine, formar ordegni, e porsi in istato di dominare le acque, e di farle muovere a loro grado. Così il Pitot, il Parent, il Papin, e varj altri hanno ritrovate alcune macchine

Altri idrostatici più pratici.

(a) *Exam. marit.* ec. tom. I.

non men utili al pubblico che gloriose a' loro inventori, e più di tutti il Belidor nella sua *Idraulica architettura* ha insegnata scientificamente tutta la pratica di quest'arte. Altri non contentandosi di mera pratica, per quanto fosse ragionata, e dotta, hanno voluto unire alle pratiche cognizioni le geometriche teoríe; e il Lecchi nell'*Idrostatica esaminata ne' suoi principj* ha data una delle opere più istruttive, più giuste, e più conformi alla verità, che sieno uscite su tali materie; e il Bossut ha composta un'*Idrodinamica*, la quale paragonata colla grand'opera dell'*Idrodinamica* del Bernoulli, fa vedere, a giudizio del Condorcet (*a*), quanto siasi avanzata in questo secolo tale scienza, piano più esteso, trattate questioni sconosciute al Bernoulli, e risolute molt'altre con maggiore semplicità e precisione; e il Ximenez, il Frisio, il Lorgna, il Mari, e parecchj altri hanno unito alle pratiche istruzioni sottili teoríe fondate su l'esperienze, e su' calcoli, e in varie guise si vede a' nostri dì illustrata da molti l'idrostatica. Dopo tanti studj, tante esperienze, tanti calcoli, tante teoríe pareva che dovesse essere conosciuta abbastanza l'idrodinamica, e che potesse applicarsi assai giustamente agli usi della società; ma trovavasi pel contrario, che quanto era da lodarsi la sagacità de' geometri, che avevano lavorato su questa materia, altrettanto dovevasi confessare, che non era essa ancora illustrata abbastanza, e che abbisognava d'essere ancora meglio discussa per ricavarne vantaggio. Furono pertanto invitati i geometri a fare una serie d'esperienze in grande, a discutere attentamente queste sperienze, e a combinarle colle teoríe; e finalmente nel 1775 il d'Alembert, il Bossut, ed il Condorcet fecero per

Lecchi.

Bossut.

Nuove sperienze idrostatiche.

(a) *Eloge de M. Dan. Bernoulli.*

ordine del governo con pubblica autorità le sperienze, che stimarono convenienti per fissare la resistenza de' fluidi con esattezza, ed utilità; e se ne videro infatti nuovi risultati alquanto diversi da' provenienti da altre sperienze; e il Condorcet propose un metodo di trovare le leggi de' fenomeni didotte dalle osservazioni per potersi facilmente applicare alle loro. Ma non hanno pertanto queste sperienze soddisfatte pienamente le curiose brame degl'idrostatici, nè hanno esse avuta quell'estensione di mire, che richiedevasi, nè in quella stessa parte, che hanno presa per oggetto della resistenza de' fluidi si sono replicate con quella varietà, e con que' riguardi, che abbiano potuto mostrarci i veri andamenti della natura, nè hanno infatti prodotta ne' matematici quella sensazione, che sembrava doversi sperare da' nomi illustri de' loro autori, e dall'apparato, e pubblica autorità, con cui furono fatte. Rimane adunque aperto il campo agl'idrostatici per recare un solido vantaggio alle scienze, e coll'istituire le convenienti sperienze, ed attente osservazioni, e col ritrovare le equazioni, e le formole generali, che libere d'ogni supposizione arbitraria sieno fondate soltanto su la verità de' fenomeni osservati, che diventino semplici, e facili a tradursi in numeri, e che possono riuscire utili alla pratica. Dopo tante sperienze, e dopo tanti calcoli non sappiamo ancora acertatamente se sia maggiore la velocità delle acque nella superficie, o nel fondo de' canali, nè in quale guisa si faccia l'accrescimento della velocità, nè pur si è trovato un metodo sicuro per misurare dette velocità, nè uno stromento infallibile per fare le giuste livellazioni. Quanti elementi per le operazioni analitiche non ha osservati il Juan, isconosciuti agli altri geometri (*a*)? E come senza curarli si possono for-

---

(a) *Exam.* ec. tom. II, lib. II.

mar calcoli, che non vengano contraddetti dalla natura? Diverse sono le cognizioni, che richiedonsi per le acque ne' tubi, e nelle macchine, ne' canali, e ne' fiumi, ne' laghi, e nel mare. Le sperienze de' fluidi in artifiziosi ordegni, ed in istudiate macchine potranno servire per far conoscere i loro moti, e le loro forze in alcune poche e ristrette circostanze; ma non bastano certamente per mostrarli in tutti i loro stati, e ne' più comuni, e naturali loro andamenti. L'osservazione attentissima ed oculata degli spontanei eventi, e de' fenomeni naturali replicate in varie circostanze, e con vedute diverse farà meglio conoscere i fluidi agli occhi eruditi, che le minute e sforzate sperienze, le quali però potranno alle volte regolare le mire delle osservazioni, e verificarne i risultati. Così potranno trovarsi colle sperienze, e colle osservazioni molti fatti isolati, e scoprirsi molte particolari verità, e su la loro cognizione stabilirsi sicuri principj, e sode teoríe, e ricevere la parte geometrica quella giustezza e perfezione, di cui ora non è capace. Che giova il vedere ingombre le pagine di sottilissimi calcoli, se fondati sopra falsi principj, e sopra arbitrarie supposizioni non possono avere la necessaria consistenza? Il prurito di fare pompa di calcolo più che il desiderio di stabilire la verità determina spesse volte i geometri nella scelta de' principj, senza curarsi prima d'esaminarli, e riconoscerne l'opportunità, quasichè dovesse la geometría comandare alla fisica, e non anzi servirla, e prestarsi ubbidiente alle sue disquisizioni. Si cerchino adunque principj veri e sicuri, semplici e fecondi, sbandiscasi ogni supposizione per quanto possa parere naturale ed evidente, e diensi allora equazioni, e formole, che conducano a risultati non ismentiti dalla natura e da' fatti.

rica e pratica vedevasi sorgere, e la geometría, e la nautica prendere nuova ampiezza, e nuovo splendore. Passarono nondimeno alcuni anni prima che nessuno si movesse a seguire quella via, che aveva aperta il dotto gesuita; e il primo ad entrarvi coraggiosamente fu nel 1689 il marino e geometra cavaliere Renau nella sua opera originale su questa materia, stampata per espresso comandamento del re nel 1689 (*a*). Questa mise in agitazione la maggior parte de' matematici; questa diede realmente la nascita alla nuova scienza del maneggio della nave; e questa produsse una nuova nautica. Due determinazioni contiene essa, difficili, ed importanti: una della situazione della vela la più vantaggiosa per riguardo al vento, ed al rombo; l'altra dell'angolo più conveniente del timone colla chiglia. La dottrina del Renau era conforme a quella del Pardies, ed ebbe molt'illustri seguaci; ma incontrò un troppo più forte e chiaro avversario nel dotto Ugenio, il quale mostrò in quella dottrina alcune contraddizioni, e fece vedere, che secondo i principj del Renau le velocità dirette della nave dovevano essere molto maggiori, e che da quelli non diducevasi come più vantaggioso l'angolo, ch'egli assegnava alle vele (*b*). Rispose il Renau (*c*), facendosi forte colla regola della decomposizione delle forze, che pareva essergli affatto favorevole, e pubblicò poi una memoria, dove credè dimostrare il principio della meccanica de' fluidi, di cui s'era servito, e che gli era stato contrastato dall'Ugenio (*d*). Molti furono i partigiani dell'uno e dell'altro, e molti più si dichiararono pel Renau che per l'Ugenio. Ma questi contava a suo favore Giacomo Bernoulli, che valeva per molti; ed anche Giovanni, che per la relazione della

Renau.

Ugenio.

Giacomo, e Gioann. Bernoulli.

(a) *De la théor. de la manoeuvre des Vaisseaux.* (b) *Bibl. univers., ann. 1693.*
(c) *Journ. des Savans, 1695.* (d) *Mémoir. où est demontré un princ.* ec.

questione fattagli dal marchese de l'Hôpital s'era prima inclinato alla dottrina del Renau, avendola poi esaminata in sè stessa, si dichiarò per l'Ugenio. Giacomo sostenne con qualche modificazione la dottrina di questo, e discostossi sì da lui che dal Renau nel non voler considerare la velocità del vento come infinita rispetto a quella della nave *(a)*. Giovanni trattò più ampiamente la materia *(b)*, e vi apportò più apparato di geometría e di calcolo, che fin allor non s'era veduto. Non volle egli seguire il sentimento di suo fratello nel limitare la velocità del vento, e questo gli tolse il poter determinare con giustezza la velocità delle navi; ma portò per altra parte vantaggio, avendo riguardo all'obbliquità, con cui il vento urta la nave, ciò che nè Giacomo, nè l'Ugenio, nè altri non avevano fatto. Cercò l'angolo, che dèe formare la vela colla chiglia; dato quello, che forma la vela col vento, esaminò le resistenze sofferte dalla nave, non solo supponendola, come facevano gli altri, come un rettangolo, ma passando anche a considerarla come formata da un rombo, d'una romboide, e da segmenti circolari; calcolò la curvità delle vele, le loro forze, e l'asse, dove queste possono supporsi riunite; trattò insomma questa parte della nautica colla dovuta ampiezza, e colla conveniente dignità; e sarebbe stata di somma utilità la sua dottrina, se avesse unita qualche pratica alla sublime geometría, che possedeva sì pienamente. Ma al contrario il P. Hoste, professore per molti anni nel real Collegio nautico di Tolone, ed autore di due opere molto lodate, e favorevolmente accolte da' marini *(c)*, avrebbe recato molto maggiore vantaggio alla pratica della navigazione, se alle cognizioni, che col lungo studio s'era

Hoste.

(a) *Act. Lips. 1696.* (b) *Essai d'une nouv. théor. de la manoeuv. des Vaiss.*

(c) *Théor. de la constr. des Vaiss., et l'Art des Armées navales.*

acquistate di questa, avesse applicato il sodo fondamento di più giuste e fine teoríe. Coll'attenta ed indefessa lettura delle storie, e de' viaggi, a fine di meglio erudirsi nella nautica, aveva osservate le ingegnose e sagaci operazioni de' più valenti capitani di marina, e de' più felici viaggiatori; e queste osservazioni gli davano molti lumi per istituire le sue leggi sul costruire le navi, maneggiare le vele, ordinare le squadre, prendere i cambiamenti de' venti, e su infinite operazioni utili, ed anzi necessarie nella pratica della marina. Quindi in tutte quelle materie, che non esigono principj geometrici, o più recondite cognizioni meccaniche, si è meritata l'approvazione de' periti nella nautica, sì pratici, che teorici: ma dov'era d'uopo di sottili indagini su le resistenze de' fluidi contra le superficie, che gli urtano, su le forze delle vele per resistere al vento, e così su altri arcani meccanici non valse a sostenere il peso della difficoltà, nè potè ottenere alla sua dottrina l'approvazione de' teorici, nè la confidenza de' pratici.

Altri scrittori di nautica.

Rimaneva dunque ancora da farsi un'opera pienamente istruttiva, e che potesse servire di sicuro codice per le opportune leggi della costruzione, e del maneggio della nave. Scrisse brevemente il Parent sopra alcuni punti particolari; ma fondando i suoi calcoli su' principj adoperati da Giacomo Bernoulli, e trascurandone altri troppo necessarj, non potè ricavarne i convenienti risultati (a). Scrisse il Pitot cercando di ridurre a pratica la teorica di quest'arte (b); ma seguendo egli la teorica de' Bernoulli, ed essendo questa poco adattabile alla pratica, non ne didusse che regole smentite dall'esperienza, e contraddette da' fatti. Scrisse il Maclau-

(a) *Essais et Rech. de Math. et de Phys.* tom. III.

(b) *La théor. de la manoeuv. des Vaiss. reduite en pract.*

rin da quel gran geometra che egli era, ma perfuntoriamente soltanto, e toccando un solo problema de' molti, che v'erano da trattare (*a*). Tutti questi scritti però si riducevano soltanto ad un limitato numero di sciolte proposizioni, non formavano opere compiute, non ci davano un corpo di dottrina, non presentavano un'esatta scienza. Il Bouguer fu il primo, che si possa realmente chiamare autore classico in questa parte. Ardentemente impegnato per coprire degnamente l'impiego, a cui era destinato, di regio idrografo, aveva egli già scritto fino dal 1727 con gran corredo di geometría su l'alberatura *delle navi*; e volendo poi seguitare a compiere la dottrina della navigazione, diede nel 1746 un trattato della nave, della sua costruzione, e de' suoi movimenti. Quindi nel 1753 scrisse un libro del pilotaggio più facile e piano, ed alla portata de' piloti; e finalmente nel 1757 pubblicò la grand'opera del maneggio delle navi, che diede il complemento al corso di marinería. Ho segnate forse troppo minutamente le epoche di queste opere per far vedere quanto sia recente la nascita di questa scienza, e quanto essa debba stimarsi fanciulla, e lontana dalla sua maturità. Il Bouguer cercò d'unire le verità scoperte dagli anteriori geometri, singolarmente da' Bernoulli; abbandonò alcuni loro principj, che gli parvero o falsi, od inconcludenti; aggiunse le sue riflessioni, e i suoi ritrovati, e si studiò di migliorare la pratica, e di proporre una compiuta teorica. Contemporaneamente l'Eulero nel 1749 diede alla pubblica luce la grand'opera della scienza navale, nella quale guidato sempre dal suo genio analitico ridusse al più stretto calcolo, e sollevò alla più sublime geometría tutte le operazioni del costruire, e del di-

Bouguer.

Eulero.

(a) *Trait. des fluid.* tom. II.

riggere le navi: la figura, la collocazione, e il maneggio d'ogni parte; il timone, le vele, gli alberi, i remi, tutto fu da lui contemplato con geometrica severità, tutto venne sottomesso alla diletta sua analisi; e le soluzioni, ch'egli ne ha date, se non sempre sono conformi alla verità, servono nondimeno di guida per ricercarla in quante disquisizioni sieno da farsi ad illustramento dell'arte nautica. Il Bouguer, e l'Eulero hanno in qualche modo oscurati i precedenti scrittori, e sono rimasti i maestri di questa scienza: singolarmente il Bouguer, come ha studiato d'accomodarsi alla pratica, e si è reso più intelligibile a tutti, e più a portata de' geometri, e de' marinaj, così ha ottenuta una fama più universale, ed è divenuto più classico, e di maggior uso nella marina. Ma sì egli, che l'Eulero mancavano della pratica osservazione, senza la quale non basta la più sublime e severa geometría a stabilire vere teoríe; onde insegnarono dottrine poco adattabili alla pratica, e proposero regole contraddette dall'esperienza, nè possono pertanto servire di sicure guide nell'arte della navigazione. D'uopo era a questa d'un uomo, che versato nell'algebra e nella geometría, profondo nella meccanica e nell'idrostatica, allevato fra l'onde del mare, ed entro le tavole delle navi, e padrone delle più dotte opere de' nautici scrittori si prendesse ardentemente a sviscerare questa materia, e ci desse un'opera contenente tutta la nautica, dettata dalla più oculata pratica, ed attenta osservazione, aggiustata a' più sodi principj della meccanica ed idrostatica, ridotta all' esattezza della più severa geometría, e sposta colle più semplici e generali formole d'una sicura analisi. Tale era il dotto geometra e perito nautico don Giorgio Juan, il quale fornito di tutti gli ajuti geometrici, ed illuminato da una continua e variata pratica, internato negli arsenali, e ne' porti

Juan.

della Spagna, della Francia, e dell'Inghilterra, si mise a contemplare tutte le operazioni della marina, e ad esaminarne i principj, rettificò le regole o false, od inutili, e ne stabilì altre migliori, e così finalmente nel 1771 presentò nel vero suo aspetto la scienza nautica *(a)*. Come questa non si può reggere sodamente, se non è fondata su' sicuri principj della meccanica e dell'idrostatica, volle il Juan saviamente premettere questo fondamento, e stabilirlo, e fissarlo senza pericolo di rovina, e diede nel primo tomo un pieno trattato di tali scienze; dove co' lumi della lunga sua pratica potè correggere varj errori, in cui erano caduti i precedenti geometri, verificare le sottili loro teoríe, ridurle coll'ajuto della geometría e dell' algebra a più certi ed utili calcoli, e diventare anche in questa autore classico e magistrale. Quindi venendo immediatamente alla nautica descrisse le navi nelle varie lor parti, ne' loro usi, nelle loro figure, ed assegnò per ciascuna le più opportune misure, ricercò i centri delle navi, e determinò il centro del volume, il centro di gravità, e il metacentro: le resistenze, i momenti, le forze, le velocità, il timone, i remi, le vele, gli alberi, le inclinazioni, gli angoli, tutto insomma quanto è da considerare nell'arte della navigazione, tutto è da lui contemplato con penetrante e sicuro occhio, tutto guardato nel vero suo aspetto, tutto sposto con precisione, e giustezza, tutto ridotto ad opportune formole ed equazioni, tutto segnato coll'impronta della geometrica e della pratica verità. Gl'inglesi, e i francesi hanno voluto rendersi propria un'opera sì preziosa, ed illustrarla, e arricchirla con traduzioni, e comenti; e tutti i posteri venereranno il Juan come il maestro della navigazione, come il regolato-

(a) *Exam. marit. theorico-pract.* ec.

re de' venti, come l'Eolo, ed il Nettuno de' nautici, il Dio della marina. Questi sono i progressi, che in breve tempo ha ottenuta la nautica: i nuovi miglioramenti, che si faranno nella meccanica e nell'idrostatica, maneggiati da pratici osservatori, apporteranno vie più avanzamento a questa scienza; e se dessa cercherà sempre di procacciarsi ugualmente gli ajuti delle matematiche, e delle pratiche cognizioni, potremo noi fondatamente sperare di vederla a lunghi passi accostarsi alla desiderata perfezione.

CAPITOLO VIII.

DELL' ACUSTICA.

La musica riposta fra le scienze matematiche.

Aristosseno fra gli antichi (*a*), e fra' moderni Eximeno (*b*), e può anche dirsi il d'Alembert (*c*), hanno vigorosamente sostenuto, che la musica è opera dell'orecchio, non ha correlazione colla matematica, e che dèe solo riporsi fra le arti piacevoli, nè può avere luogo fra le scienze esatte. Sarebbe stato per noi molto comodo il seguire quest'opinione, e risparmiare il presente capo in un libro, che riuscirà più disteso, che la nostra opera non comporta; ma il vedere fino da' tempi di Pitagora, fin dal principio stesso della cultura delle matematiche riposta fra queste la musica, anche con preferenza all'ottica, e alla meccanica, e costantemente poi conservata nell'*Enciclopedia* de' greci, e nel *Quadrivio* de' latini, trattata in tutti i secoli ne' corsi di matematica, e illustrata sino a' nostri dì dall'Alembert, dall'Eulero, e da' più rinomati matematici, non ci permette, lasciando ad altri l'e-

(a) *Harm. elem.* lib. II. (b) *Dell'orig. e delle regole della musica* lib. I, cap. II.
(c) *Elem. de music.*, *Disc. prélim.*

same della questione, d'abbracciare il sentimento di que' filosofi, e d'escludere dalla storia delle matematiche quella dell' acustica, o della musica. Speriamo nondimeno, che ci possa servire di qualche scusa, se tratteremo troppo ristrettamente questa materia, che, secondo l'opinione di sì illustri scrittori e maestri della medesima, non dovrebbe aver luogo nella nostra opera. Lasciamo dunque a' dotti e diligenti storici della musica il ricercare in Jubal l'inventore di alcuni stromenti di suono, o de' canti accompagnati da questi; lasciamli scorrere l'Egitto, la Palestina, la Frigia, la Grecia, ed altre antiche nazioni, ed esaminare in esse la loro musica; lasciamli trattenere a lor grado co' Thauts, cogli Osiridi, cogli Apollini, co' Mercurj, cogli antichi Dei, e cogli eroi favolosi, benemeriti dell'umanità per l'invenzione di qualche stromento musico; lasciamo ogni curiosa disquisizione de' primi avanzamenti dell'arte musica, e veniamo a riguardarla soltanto quando ci si presenta ridotta a calcolo con qualche apparenza di scienza esatta. Questo si attribuisce generalmente a Pitagora, il quale vuolsi, che abbia trovato le giuste ragioni, che aver deono le corde, e gli altri stromenti per dare suoni, che sieno armoniosi e musicali. Nota è la favola raccontataci da Nicomaco (*a*), da Macrobio (*b*), e da mille altri dei suoni armonici de' martelli d'un ferrajo, trovati da Pitagora di pesi diversi di 6, 8, 9, 12, e dell'applicazione di questi pesi a corde uguali in lunghezza e grossezza, colla quale formò sempre l'armonía de' suoni in quarta, quinta, ed ottava, cioè co' pesi 6 e 12 in ottava, 6 e 9 in quinta, e 6 e 8 in quarta. Per quanto sia stato ricevuto questo racconto da' greci e latini, dagli antichi e moderni, dèe nondime-

Origine della musica.

Pitagora.

Osservazione del suono attribuito a Pitagora.

(a) *Enchyr. harmon.* lib. I. (b) *Saturn.* lib. II, c. I.

CAPITOLO VII.

DELLA NAUTICA.

Dalla meccanica, e dall'idraulica si forma la nautica, ossia quella parte di essa, che riguarda la costruzione, e il maneggio delle navi, e questa può dirsi una scienza nuova, e il cui principio poco più conta d'un secolo. La parte astronomica, ed idrografica, o l'arte del pilotaggio ha avuto alquanto prima qualche cultura scientifica; ma la meccanica, benchè sì tardi ridotta a scienza, ha fatto in breve molti progressi, ed ha ottenuti chiarissimi illustratori. Che immenso campo d'erudizione sacra e profana, e di curiose ricerche non ci offrirebbe la storia della navigazione, se noi potessimo esaminare i suoi principj, e seguirne tutti i progressi? Ma il nostro istituto ci ristringe soltanto alla parte scientifica, e anche in questa la vastità della materia di tutta l'opera ci obbliga ad una strettissima brevità. Dall'unione di poche tavole, o dall'escavazione di qualche tronco, che servirono alle prime navigazioni, passarono gli antichi a fabbricar tali navi, che il d'Alembert (*a*) sembra credere, che nella parte della costruzione fossero andati più avanti de' moderni; e dovrebbe certo così pensarsi, se le grandiose navi, che sì pomposamente ci descrivono alcuni scrittori, fossero realmente state di qualche uso nautico, e non solo d'ostentazione e di vanità. Quante pagine di citazioni, e di testi non ci vorrebbono per discutere se fu Danao, ovvero Giasone, o qualche altro l'inventore della prima nave lunga presso gli antichi; se fu Eolo realmente il primo ad usar delle ve-

Origine della nautica.

(a) *De la resist. des fluid.* Introd.

le, e venne perciò da' greci chiamato *Dio de' venti*; se i focensi ebbero i primi il coraggio d'inoltrarsi in lunghe navigazioni; se i cartaginesi inventarono le quadriremi; se i sidonj, e i fenicj furono i primi a navigare di notte colla guida delle stelle, e tant'altre questioni non ancora esaminate abbastanza dagli eruditi? E dopo lunghi dibattimenti, che altro potremmo ricavare che stiracchiate ed inconcludenti congetture? Noi dunque diremo soltanto, che l'arte di navigare presso gli antichi rimase molto inferiore alla nostra; più lenti, e più ristretti i loro corsi, senza mezzi; e stromenti, con cui potersi reggere in alti mari lontani dalla terra; che la navale loro costruzione era anche dalla nostra molto diversa; che grand'uso facevano de' remi, poco intendevano il maneggio delle vele; che abbisognavano per le battaglie navali di puntute prore, di duri rostri, di forti fianchi, nè molto curavano gli alberi e le vele, il centro ed il metacentro, la figura della menoma resistenza, ed altre sottili speculazioni de' nostri dì; che qualche cognizione avevano delle stelle per regolare i loro corsi; ma ch'era troppo imperfetta per ardire d'inoltrarsi nell'oceano, e discostarsi molto dalla terra; e che qualunque fosse la loro perizia nella costruzione delle navi, e nell'arte di navigare, tutta era opera della pratica, non derivava da stabiliti principj, e da fondate teoríe, non formava una vera scienza. E infatti nella gran folla di greci scrittori, che sopra ogni materia componevano libri infiniti, non vedo scrittore alcuno di nautica, nè so, che alcuno di essi abbia trattata l'arte di navigare. I primi autori di questa, che sieno giunti a nostra notizia, sono stati gli arabi, de' quali non pochi scritti rimangono, che abbracciano questa scienza. Il celebre Thabit ben Corrah, che ha illustrate tante parti delle matematiche discipline, scrisse anche su questa un'opera,

Arabi primi scrittori di nautica.

descrivendo le stelle, ed il loro occaso ad uso dell'arte nautica (*a*): trovasi nella biblioteca dell'Escuriale l'opera d'un anonimo, che tratta ancor più direttamente dell'arte di navigare; ed altri dotti arabi lasciarono su la medesima gli scientifici loro scritti. Onde vedendo tante opere degli arabi su la nautica, e niuna degli anteriori scrittori, potremo con qualche fondamento asserire, che ad essi deesi l'avere ridotta a scienza matematica l'arte pratica, quale che allora si fosse, del navigare. Oltre di ciò noi abbiamo provato, che la bussola, qualunque siane la prima origine, può assai giustamente riporsi fra le utili invenzioni tramandateci dagli arabi (*b*). L'uso di questa, le cognizioni astronomiche, in cui tanto studiarono, come poi vedremo, e il maneggio della trigonometría, che sì felicemente avanzarono, come abbiamo detto di sopra, avranno fatto nascere dalle loro meditazioni una scienza dell'arte di navigare. Infatti la sopra citata opera di Thabit contiene astronomiche cognizioni accomodate alla nautica; e i primi saggi di questa negli studj degli europei non erano che nocturlabi, astrolabi, bussole, carte marine, stromenti, e metodi per diriggere le navigazioni coll'ago magnetico, colle astronomiche, e trigonometriche cognizioni, colla vista del cielo, coll'ispezione delle stelle.

Portoghesi primi promotori della nautica.

Sangres, picciolo luogo del Capo di san Vincenzo, è stato la culla, dove è nata per noi questa scienza, dove al principio del secolo decimoquinto l'infante di Portogallo don Enrico stabilì un'accademia di nautica, e cogli studj di Giacomo di Majorica, di Giuseppe, e di Rodrigo, e d'altri versati nella marina e nelle matematiche s'inventarono (*c*) le carte idrografiche, che fanno una parte sì interessante della

(a) Casiri *Bibl. ar.-hisp. Esc.* tom. I, p. 368. (b) V. tom. I, cap. x.

(c) V. tom. III, lib. III, cap. tI.

nautica; si trovarono nuovi stromenti, e nuovi metodi per condursi ne' mari coll'osservazione delle stelle; si fissarono leggi, e principj per ben diriggere i rombi; si avanzò, e migliorò la nautica colle cognizioni dell'astronomía e della geometría, e si ridusse pel loro mezzo a vera ed esatta scienza. Il Toaldo illustrando un oscuro opuscolo veneziano del secolo decimoquinto, intitolato *Rason del martologio*, ch'egli ragionevolmente suppone, che voglia dir *marilogio*, *o regola del mare*, vi spiega ingegnosamente certi numeri, che sembrano a prima vista inintelligibili, per numeri trigonometrici, e vuole quindi dare a' veneziani la gloria d'essere stati i primi ad applicare alla nautica la trigonometría (*a*). Sia pur vera, come è certo ingegnosa e dotta la spiegazione di quella regola, e di que' numeri; ma non so quanto possa sembrar giusta la sua conclusione a vanto de' veneziani. L'autore di quell'opuscolo non dà che un prontuario per poter navigare a mente, come ei dice, o per eseguire materialmente le operazioni trigonometriche, che i geometri nautici avevano teoricamente ritrovate per seguire i richiesti rombi, e regolarsi nella navigazione; ma non mostra d'essere stato lui, nè altro veneziano l'inventore di quelle operazioni. E siccome tutti i problemi, che tratta, i quali non sono che i più semplici del pilotaggio, tutti sono relativi alle carte idrografiche dette *piane*; e queste carte sono opera dell'Accademia nautica dell'infante don Enrico; così sembra più probabile, che ad essa parimenti deggiasi attribuire l'applicazione della trigonometría alla nautica, quando non anzi si voglia dire esserle prima venuta da' saraceni, scrittori dell'una e dell'altra. La cognizione delle latitudini, e delle longitu-

Applicazione della trigonometria alla nautica.

(a) *Saggi di Studj Veneti* III.

dini è troppo necessaria alla navigazione per non essere ricercata da' nautici. Non era questa difficile nelle latitudini, le quali coll'osservazion della stella polare, facile d'eseguirsi anche in mare, si può trovare assai giustamente. Ma il problema delle longitudini non voleva sì facilmente lasciarsi superare dalla diligenza de' matematici. Fin dal principio del passato secolo vediamo offerti grandiosi premj dal re di Spagna, e dagli Olandesi a chi proponesse un sicuro mezzo di ritrovarle nel mare. Il Galileo si presentò all'uno, e agli altri co' suoi satelliti di Giove, e cogli stromenti da osservarli in mare, colla barchetta piena d'acqua dentro la nave per tenersi a livello in mezzo a' moti di questa, col celatone per mantenere costantemente applicato all'occhio il telescopio, e coll'orologio a pendolo per contare esattamente le ore; ma diverse ragioni n'impedirono la conclusione, e il problema era rimasto da sciogliersi fino a' nostri dì. I mezzi immaginati dal Galileo erano certamente adattati alla soluzione, e fanno grand'onore al loro inventore, che fin da quel tempo seppe idearli; ma possiamo fondatamente pensare, che non sarebbe stata ugualmente felice l'esecuzione: i replicati, ed indefessi studj, che si sono voluti in questo secolo per metterli in uso colla dovuta esattezza, ci fanno temere, che non avrebbe potuto allora il Galileo ridurre al bramato effetto ciò, che la feconda sua mente gli presentava. Nel principio di questo secolo propose un ricco premio il Parlamento d'Inghilterra a chi sciogliesse assai giustamente il problema delle longitudini. A questo bastava un finissimo orologio, il quale costantemente segnando l'ora precisa del mezzo giorno del luogo donde è uscita la nave, mostri quanti gradi sia lontano quel luogo dal luogo dove si trova attualmente la nave, richiedendosi 15 gradi di longitudine per fare un'ora

Problema delle longitudini.

di differenza. Ma l'agitazione della nave sconcerta il moto dell'orologio, nè se n'era saputo perciò formar uno tanto perfetto, che conservasse in mare, come in terra, uniforme il suo moto. Bastava osservare le immersioni, e l'emersioni de' satelliti di Giove, sapendosi dalle tavole in quale luogo ad ogni momento si debbano vedere questi fenomeni. Ma per queste osservazioni tanto sottili ci vogliono lunghi cannocchiali, e il moto della nave impedisce l'uso di questi. Bastava anche l'osservazione più facile dell'immersione, o dell'emersione di qualche stella zodiacale sotto il disco della Luna. Ma bisognava per questo conoscere esattamente il moto della Luna; e la Luna era stata ribelle, ed ostinata a non arrendersi a' calcoli matematici. La curiosità ingegnosa degli uomini, non meno che l'amore del premio ha saputo in qualche modo superare queste difficoltà. L'Arrisson ha fabbricato un orologio, che si è mantenuto in mare sì uniforme ed esatto, che ha superati i termini della giustezza, che richiedeva il programma del Parlamento, e ne ha riportato il proposto premio: l'Irvino inventò una sedia elastica, che secondando il moto della nave colla sua elasticità, tenesse sempre nello stesso piano l'occhio dell'osservatore, ed agevolasse così le osservazioni de' satelliti di Giove: l'Eulero, ed il Mayer formarono tavole tanto esatte del moto della Luna, che si meritarono, come pure l'Irvino, un premio dall'Inghilterra. Così in varie guise, ma principalmente coll'orologio dell'Arrisson si è sciolto a' nostri dì quest'arduo problema, benchè in tutte esiga, o comporti ancora maggiore perfezione, ed ha molto giovato al miglioramento della navigazione.

La bussola.

L'uso della bussola è il più valente ajuto, che abbia ottenuto la nautica. Questa è la guida, se non la più precisa e sicura, la più pronta, più facile, e più comune, che ad ogni

luogo, in ogni tempo, sotto qualunque cielo, indicando coll' ago magnetico il settentrione, accenna in qualche modo la via, che possono seguire i naviganti privi d'ogni lume di cielo e di terra. Infatti coll'ajuto della bussola s'inoltrarono nell'Oceano i portoghesi e gli spagnuoli, e colla scorta della medesima si scoprirono nuovi mondi. Ma l'ago magnetico, benchè sia sempre rivolto verso la parte settentrionale, soffre però le sue declinazioni, che lo discostano or più, or meno dalla linea, che tocca il polo. Che se fossero sempre costanti tali declinazioni, o se potesse aversi una regola di saperle determinare, si potrebbono calcolare queste determinazioni, e trovarsi ugualmente il punto polare. A questo fine s'inventò un *compasso di variazione*, che mostra in qualche modo coll'osservarsi ogni giorno il nascere, o il tramontare del Sole, quale e quanta sia in quel giorno la declinazione dell'ago magnetico. L'Allejo, che ha studiata più filosoficamente questa materia, presentò alla Reale Società di Londra una teoría delle variazioni magnetiche; propose un nuovo compasso, ch'ei chiama *azzimutale*, il quale le segna con maggiore giustezza; e dopo avere per lunghi viaggi marittimi osservate attentamente tali variazioni, pubblicò le sue carte idrografiche, nelle quali, come dice egli stesso nella prefazione, v'è di propriamente nuovo il ritrovarvisi le linee curve tirate su differenti mari, per far vedere i gradi di *variazione* dell'ago calamitato. Oltre le declinazioni soffre quest' ago le sue inclinazioni, le quali pure ben conosciute potranno dare maggiori lumi per la sicurezza della navigazione. Il determinare queste inclinazioni fu proposto in annuo quesito dall'Accademia delle Scienze di Parigi, e venne distinto col premio accademico il metodo presentato da Daniele Bernoulli. Il Brander a quest'oggetto formò uno stromento chiama-

to da lui *inclinatorio*. Il la Hire, il Muschembroek, ed altri parecchj si sono molto studiati per dare la maggior perfezione, ed esattezza alla costruzione dell'ago, e della bussola; e sebbene le loro ricerche le hanno apportati alcuni miglioramenti, resta però ancora molto a' dotti osservatori da rettificare, e perfezionare. Tutti questi studj diretti alla scientifica cultura della nautica riguardavano il regolamento del corso della nave, e l'arte del pilotaggio, e questa soltanto pareva che fosse presa di mira dalla scienza nautica. Infatti Pietro Medina, il Nonio, il Zamora, il Cespedes, i primi scrittori di qualche grido, e i primi veri maestri di quella scienza tutti trattavano dell'osservazione delle stelle, della direzione de' rombi, della bussola, de' venti, delle correnti, dello studio e dell'arte del pilotaggio. Verso la fine del passato secolo cominciò ad occupare l'attenzione de' geometri la costruzione, e il maneggio delle navi, e questo, ch'era prima soltanto opera di pura pratica, ha in questi anni prodotte dottissime teoríe.

Matematici illustratori del maneggio della nave.

Il pilotaggio, come non esige che la semplice geometría elementare, poteva trattarsi ne' passati secoli assai giustamente; ed ha avuto infatti in questi due ultimi precedenti assai dotti scrittori: ma la parte del maneggio abbisognava di troppo fina applicazione della geometría sublime ad una meccanica complicata e spinosa per potersi esaminare senza l'ajuto de' moderni metodi geometrici.

Pardies.

Il Pardies fu il primo, che ardisse darne un picciolo cenno, quando nel suo *Trattato di meccanica*, pubblicato nel 1763, trovò per modo d'esempio una dimostrazione della via, che dèe seguire la nave spinta da un vento laterale. Questo sol cenno avrebbe dovuto eccitare l'attenzione de' geometri, e de' marini: nuove geometriche teoríe, nuove cognizioni di pratica marina, nuova scienza teo-

no riporsi fra le favole greche, e rigettarsi come privo di verisimiglianza, non che di verità. Lo Stillingfleet (*a*), il Montucla (*b*), il Burney (*c*), ed alcuni altri moderni vi hanno osservata l'impossibilità di formare co' martelli battuti su l'incudine un'armonía sensibile, e molto più colle corde tese da tali pesi, i quali avrebbon dovuto essere non nella ragione semplice, ma nella quadrata de' suoni. Ma può in oltre osservarsi in tale racconto, che non solo si vuol mostrare Pitagora poco intendente d'acustica, ma eziandío falso ragionatore. Se i martelli, che battuti rendevano tali suoni armonici, erano di que' pesi, perchè applicar poi i pesi a tendere le corde, e non anzi metterli nelle stesse corde, e renderle più o meno grosse secondo tali ragioni? Ma quantunque una simile narrazione non sia realmente derivata dal fatto, vero è nondimeno, che, cambiata qualche circostanza, era conforme alla dottrina del filosofo musico Pitagora. Piena è l'antichità di fatti simili de' suoi discepoli, co' quali pretendevano di mostrare le proporzioni de' musicali intervalli. Teone di Smirna (*d*) dice, che Laso ermoniese, ed Ippaso di Metaponto ritrovarono tali intervalli col porre in due bicchieri intieramente somiglianti differenti porzioni d'acqua, cioè lasciando l'uno vuoto e l'altro mezzo pieno, formavano l'ottava o il diapason, il diatessaron o la quarta coll'empire d'acqua una quarta parte, e il diapente o la quinta col porne una terza. Non so quanto sarà vero il fatto di tali consonanze negl'immaginati bicchieri, e temo assai, che possa essere smentito da chi ne faccia un'accurata sperienza. Più forse potrà parere conforme alla verità altra invenzione del medesimo Ippaso, che ci viene narrata da uno scoliaste di Pla-

Altre simili osservazioni.

(a) *Princ. and. prouv. of harmony.*
(b) *Hist. des math.* part. I, lib. III.
(c) *Hist. of music.* tom. c. v.
(d) *De music.* cap. XII.

tone in un frammento pubblicato recentemente dal Morelli *(a)*. Prendeva egli quattro piatti di bronzo del medesimo diametro, ma di grossezza diversa, sicchè il primo fosse sesquiterzo del secondo, sesquialtero del terzo, e doppio del quarto, e battendo questi quattro piatti formava una sinfonía. Questi ed altri simili fatti, se non sono affatto veri, venendo però raccontati da Nicomaco, da Teone, e da altri matematici, e maestri di musica, e creduti da tutti gli antichi, provano certamente quali fossero le loro idee in queste materie, e fanno vedere quanto grossolanamente pensassero nella parte acustica, ossia nella meccanica delle vibrazioni sonore, o della produzione de' suoni, e come opinassero su le armoniche proporzioni.

Diverse sette de' greci.

Molte furono su queste le sette diverse de' greci; dove sì universale era l'amore, e la cultura della musica, dove tanta parte aveva nella pubblica e privata educazione lo studio della medesima, dove non solo i musici, e i poeti, ma i filosofi, i matematici, i legislatori prendevano a cuore la perfezione di questa scienza, dovevano immancabilmente nascere intorno ad essa differenti opinioni, e contrarie sentenze, dovevano formarsi diversi partiti, e sorgere varie sette. Noi lasciaremo al Martini, al Burney, e ad altri storici della musica il parlare della setta Agenoria, della Damonia, dell'Epigonia, dell'Eratoclea, e d'altre anteriori ad Aristosseno, e dell'Archestrazia, dell'Agonia, della Filiscia, dell'Ermippia, e d'altre a lui posteriori, e presenteremo brevemente le tre sole, che in tutta l'antichità ottennero maggior grido, la pitagorica, l'aristossenica, e la tolemmaica. I pitagorici, portati per le ragioni numeriche, e per le metafisiche sottigliezze, vole-

Pitagorica.

(a) Aristid. *Orat.* etc. ex Bibl. Ven. D. Marci, Praef.

vano regolare tutta la musica co' loro ragionamenti, niente curavano il giudizio de' sensi. Fissarono quindi non poter essere consonanze se non d'intervalli, che s'esprimessero per ragioni estremamente semplici, come quarta, quinta, ed ottava, perchè comprese nelle ragioni $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$. Erano curiose, e seducenti le molte, e bellissime combinazioni di numeriche ed armoniche ragioni, che sapevano ritrarne i pitagorici, e che davano qualche peso al loro sistema; ma non erano meno patenti gli errori, a cui venivano condotti da un tale ragionamento. La doppia ottava, per esempio, o la decimaquinta, siccome espressa per la semplice ragione di $\frac{1}{3}$, era ricevuta per consonanza; ma la quarta sopra l'ottava, ossia l'undecima ottava della quarta, perchè espressa per la ragione $\frac{3}{8}$, veniva rigettata come dissonante, tuttochè l'orecchio ne giudicasse diversamente, e la ricevesse per consonanza. Così parecchj altri errori derivavano dalla pitagorica teoría, che la facevano comparire poco sicura, quantunque abbracciata da tanti e sì profondi filosofi. Abbandonolla pertanto Aristosseno, e stabilì una nuova dottrina, ch'ebbe anch'essa molti seguaci, e formò una setta ugualmente celebre che la pitagorica. Aristosseno, figlio d'un musico, e discepolo d'Aristotele, doveva attenersi più al giudizio de' sensi che a' matematici ragionamenti; e infatti disprezzava le numeriche calcolazioni, e le ideali ed astratte consonanze di Pitagora, fondate su le ragioni degl'intervalli, e quelle soltanto abbracciava, che poteva determinare l'orecchio per la differenza de' tuoni. Supponeva egli, che un tuono fosse un intervallo ben conosciuto, che l'orecchio pel paragone della quarta colla quinta potesse giudicare con sufficiente esattezza e facilità; e perciò faceva il tuono la misura degli altri intervalli, de' più grandi per aggiunta, e de' più piccoli per detrazione: la

Aristossenici.

quarta era secondo lui composta di due tuoni e mezzo, la quinta di tre e mezzo, e l'ottava di cinque tuoni e due semituoni, o di sei tuoni. Ma questa teoría, oltre che non è esattamente conforme alla verità, s'oppone allo stesso principio d'Aristosseno; poichè non può, com'ei vuole, facilmente comprendersi dall'orecchio, ed esige più calcoli, e numeriche combinazioni che la teoría, e le ragioni de' pitagorici. Gli antichi, sì pitagorici che aristossenici, non conoscevano che tuoni maggiori in ragione di $\frac{9}{8}$, qual è ora fra quarta e quinta, o *fa*, *sol*, ch'è dire 32, 36: quindi le terze erano per loro dissonanti, come lo sarebbono anche per noi, stando a quelle ragioni. Ma era ben facile di riflettere, che un qualche temperamento in quel sistema di tuoni poteva produrre molto accrescimento nell'armonía; e questo infatti fu procurato da Tolemmeo. Didimo alessandrino, famoso grammatico del tempo di Nerone, erudito filologo, ed indefesso scrittore, fra le molte centinaja di libri, che lasciò scritti su ogni materia, si prese anche a trattare della musica, e compose un'opera della differenza della pitagorica, e dell'aristossenica *(a)*. Quest' opera, dalla quale, al dire di Porfirio *(b)*, ricavò Tolemmeo i più utili insegnamenti, conteneva l'invenzione d'introdurre nella scala il tuono minore, e così rendere la terza veramente armonica, e consonante. Tolemmeo seppe profittare di quest'invenzione, e ne formò il principale ornamento del suo sistema. Didimo collocò nella scala dopo il semituono maggiore $\frac{16}{15}$ il tuono minore $\frac{10}{9}$, e poi il tuono maggiore $\frac{9}{8}$: Tolemmeo cambiò quest'ordine mettendo il tuono maggiore dopo il semituono, e dopo il tuono maggiore il minore, per avere in questo modo il minor numero possibile di terze alterate.

Tolemmaica.

(a) Porphyr. *Comment. in harm. Ptol.* (b) *Comment.* ec.

Sembra, che Tolemmeo preso fosse da intensa voglia di formare nuove scale, e di cambiar quelle de' musici anteriori; perchè infatti otto forme differenti ha lasciate della scala diatonica, tre affatto sue aggiungendone, e molte novità introducendo nelle altre cinque dagli anteriori musici ricevute. Il numero de' tuoni fu anche da lui riformato; e di tredici, o quindici, che se ne contavano a' tempi suoi, li ridusse soltanto a sette, credendo riuscire più comodo il far tanti tuoni, quante sono le spezie dell'ottava *(a)*. Queste, ed altre verità formarono il sistema musico di Tolemmeo, che fu in alcune parti trascurato, ma ch'ebbe in altre quasi tanti seguaci come l'astronomico del medesimo. Siccome il tetracordo era il fondamento, su cui innalzavansi le teorie de' greci intorno alla musica, così diverse opinioni fra loro nascevano riguardo alle scale de' tetracordi. Tre erano questi presso i greci; il diatonico, che adoperava soltanto i tuoni, il cromatico, che procedeva anche per semituoni, e l'enarmonico, che faceva uso eziandío de' quarti di tuono; e sul sistema di corde, su la costituzione, o su la scala de' tuoni di ciascuno di essi si dividevano i sentimenti. Diverse erano le ragioni numeriche, e diversi gl'intervalli d'Archita da quelli d'Aristosseno: Eratostene, Didimo, Tolemmeo, e mille altri ne proponevano altri diversi. Il tetracordo enarmonico dèe la sua origine, al dire d'Aristosseno citato da Plutarco *(b)*, prima ad Olimpo, poi a' lidj, ed a' frigj; ma la difficoltà dell' esecuzione di que' quarti di tuono, e la facilità di dare in urli, e strilli, lo fece poscia abbandonare dagli stessi greci, e non più s'usava a' tempi di Plutarco, e di Tolemmeo. Della diversità de' modi lidj, frigj, dorj, e tant'altri, e della

Diversità di tetracordi, e di scale loro.

Diversità de' modi.

(a) *Harmon.* lib. II, cap. IX. (b) *De musica*.

combinazione di tali modi erano anche molto differenti le opinioni de' greci, come differenti pur erano su la forma, e su le proporzioni degli stromenti musicali; e in tutto vedevasi quanto occupasse la musica le meditazioni, e lo studio di quella singolare nazione.

Scrittori della musica.

Che se entrar volessimo nell'immenso pelago degli scrittori, che s'impiegarono in illustrar questa scienza, come potremo trovar fine a questo solo trattato? Fortunatamente per noi il Fabrizio (*a*) ci ha dato un assai pieno catalogo di tali scrittori; e posteriormente il Martini (*b*) non solo ha raccolti quanti scrittori, e quante notizie di essi ha ritrovato in Fabrizio, in Meibomio, in Vossio, e in altri scrittori, ma trasportato dal giusto amore per la sua diletta arte vi ha anche aggiunti altri uomini illustri, che forse una severa critica non vi avrebbe introdotti; ma ad ogni modo la diligenza di questi scrittori ci dèe dispensare d'una simil fatica, tuttochè qualche nuova notizia, sebbene poco importante, potessimo ancor addurre. Diremo soltanto, che dopo Laso ermionese, contemporaneo di Senofane, e di Simonide, verso l'olimpiade LVIII, creduto dagli stessi greci antichissimi il primo che avesse scritto di musica, fino a' più recenti tempi della greca letteratura vi sono stati infiniti e musici, e matematici, e filosofi, e politici, e grammatici, e storici, e d'ogni maniera scrittori, che hanno impiegate l'erudite loro fatiche in illustrare quest'arte, e potrà dirsi con verità, che forse di nessun'altra se ne potrà contar tanta copia, e di nessuna certo ce n'è rimasto ugual numero. Dove trovare scritti greci della pittura, e della scultura, ed architettura? Che ci resta della poetica oltre l'opera imperfetta d'Aristotele? E della stes-

---

(a) *Bibl. gr.* t. II, lib. III, cap X. (b) *Storia della musica* t. III, c. VII, VIII.

sa retorica, che ha conservati più monumenti didattici, non abbiamo tanti scrittori, quanti tuttor si leggono della musica, pubblicati, o raccolti dal Meursio, Meibomio, Wallis, ed altri. Le stesse matematiche discipline, l'aritmetica, e la geometría, e forse neppure l'astronomía non possono vantare tanti greci dottori, quanti n'abbiam della musica. Anzi gli stessi maestri dell'altre parti delle matematiche lo furono anche di questa; e l'aritmetico Nicomaco, il geometra Euclide, l'astronomo Tolemmeo divisero i loro studj fra la favorita loro scienza, e la musica. Questi, Aristosseno, Aristide Quintiliano, Plutarco, Gaudenzio, Alipio, Bacchio seniore, Porfirio, Teone, e gli altri scrittori finor conservati formano un'assai voluminosa biblioteca della musica greca. Ma in tanta copia di scritti musici dobbiamo pur confessare, che v'è ancora molta scarsezza di buona dottrina, e riconoscere in tanta fecondità di scrittori non poca sterilità. Il solo fragmento della poetica d'Aristotele è anche oggidì venerato da' poeti come il codice delle lor leggi. La sua retorica, e i libri di Demetrio, di Dionigi d'Alicarnasso, di Longino, e d'Ermogene sono i libri classici degli studiosi dell'eloquenza. Euclide, Apollonio, Archimede, Tolemmeo si guardano tuttora come gli oracoli de' matematici. Sol della musica in tanta copia di dotti scrittori non abbiamo un vero maestro. Aristosseno è considerato dal Burney come il greco Rameau, ch'ebbe in Euclide il suo Alembert *(a)*; ma sì Aristosseno, ch'Euclide poc'altro insegnano che nomi, e definizioni. Nicomaco è l'unico fra' molti scrittori della musica pitagorica, che siasi conservato *(b)*: ma che altro reca Nicomaco della musica, che vani confronti delle voci, e degli astri, ed inu-

Loro merito.

(a) *Hist. of music.* cap. v. (b) Meibom. *Praef. in Nicom.*

tili calcoli delle ragioni de' suoni? Aristide Quintiliano, al dire del Meibomio (*a*), raccolse ne' suoi tre libri su la musica quanto gli aristossenici insegnarono delle parti musicali di quest'arte, e quanto tutta l'antichità fantasticò su la morale, e su la fisica, e cosmologica della medesima, e può dirsi aver egli unita la dottrina, e la gloria di tutti gli antichi musici. Infatti Aristide ci dà qualche idea più distinta del ritmo, e d'altre parti della musica greca che gli altri greci scrittori non fanno: ma oltre che gran parte della sua opera si perde in vane dottrine dell'armonía dell'anima, de' paragoni de' polsi co' ritmi, della sessualità de' musici stromenti, e d'altre simili inezie, tutto ciò poi che la parte veramente armonica e musicale riguarda non è che spiegazioni, e definizioni, e dottrina meramente teorica, che poco o niente conduce alla vera pratica di quell'arte. Tolemmeo, come ci dice Porfirio (*b*), prese la maggior parte di ciò che scrisse dagli scritti degli altri greci, e fu, secondo il giudizio del Burney (*c*), il più dotto, più preciso, e più filosofico scrittore in questa materia. Ma Tolemmeo stesso si rende in molti punti inintelligibile, e passa in altri da ragionamenti e dimostrazioni in sogni e delirj. Generalmente in tanto numero di scritti di musica non se ne può trovar uno, che sia realmente sodo, ed istruttivo, nè v'e fra tanti illustri scrittori un Aristotele, un Demetrio, un Longino, un vero maestro. Noi lasciamo ad altri più ricchi di cognizioni, e meno stretti dal tempo l'indagare filosoficamente le vere ragioni di questo letterario fenomeno, ed accenneremo soltanto, che forse l'avere tutti trattata la musica come una scienza teorica

(a) In Aristid. Quint. *Ep. ad Lett.*

(b) *Comment. in Harm. Ptol.*

(c) *Hist.* etc., l. c.

più che come arte pratica, ha prodotto ne' loro scritti que' vani ragionamenti, e quella sterile aridità.

Scienza acustica de' greci.

Ma potremo dir nondimeno, che ad alto grado fosse realmente venuto il loro sapere in questa materia? Veramente le loro cognizioni meccaniche nella formazione del suono non possono dirsi molto avanzate. Nicomaco (*a*) lungamente ci spiega la dottrina de' pitagorici, e lo strepito e suono, che volevano prodursi da tutti i corpi moventisi, e le acustiche proporzioni de' suoni musicali, che credevano poter didurre dal moto circolare de' sette pianeti. So, che il Gregori (*b*), il Maclaurin (*c*), e qualch'altro moderno hanno preteso di ritrovare in questo sistema pitagorico la sublime scoperta del Newton delle leggi dell'attrazione de' corpi celesti; ma confesso, che non so vedervi che somma scarsezza d'astronomiche cognizioni, ed ignoranza nelle meccaniche, ed acustiche. Questa ignoranza ci viene in oltre mostrata in tutti i greci dagli spacciati e creduti racconti de' martelli, de' bicchieri, de' piatti, i quali provano nondimeno, che una qualche confusa idea pur v'era de' principj del suono, e degli elementi di lunghezza, grossezza, e tensione, che deono entrare nel suo calcolo. Aristotele nel picciol trattato *Dell'oggetto dell'udito, e delle cose ad esso spettanti*; ed Eliano nel secondo comentario del *Timeo* di Platone, riportati da Porfirio (*d*), sono gli unici antichi, ch'io sappia, oltre lo stesso Porfirio, ch'abbiano trattato della meccanica del suono; ma que' profondi filosofi altro non seppero discoprire, se non che il moto dell'aria è la cagione del suono, che grave producesi col moto tardo, acuto col celere, e che perciò le corde più lunghe, e più grosse daranno un suono più grave, grossolanamente sbaglian-

(a) *Enchir. harmon.* lib. I. (b) *Astron. Phys. et Geometr. Elem.*, Praef.
(c) *Expos. de la phil. Newton.* lib. II, c. II. (d) *In harm. Ptolom.*

do nel farne l'applicazione agli stromenti da fiato, e generalmente poco sapendo della meccanica del suono. Ma della finezza, dilicatezza, e gusto della greca musica spaccinsi pure portenti, non avrò difficoltà di prestarvi fede. I greci d'una sì fina sensibilità per le bellezze delle arti, che fanno la meraviglia di tutti i secoli; i greci sì delicati particolarmente nell'udito, che anche negli scritti e discorsi prosaici non potevano sofferire pazientemente una dura parola, un'aspra collisione di sillabe o di lettere, una clausola disarmonica, un periodo poco sonoro, una pronunziazione meno soave, e in tutto cercavano l'eufonía, i numeri, la sonorità; i greci sì propensi alla musica, che negli studj scolastici, e nella civile educazione non la perdevano mai di vista; che non solo ne' tempj, e ne' teatri, ma nelle tavole, ne' conviti, nelle conversazioni, ed in ogni incontro adoperavano la musica come il più degno culto degli Dei, e il più soave diletto degli uomini; i greci sì pratici nella medesima, che non v'era nobile, nè plebeo, grande, nè piccolo, militare, politico, letterato, che non ne facesse il suo studio, la sua occupazione, le sue delizie; i greci che a sì alto punto portarono tutte le arti, e le scienze, a qual perfezione non avrann'eglino condotta la musica? Dicansi pure mancanti e ristretti i loro stromenti, e credasi semplice e piana la loro melopeja; la fina, animata, esatta, e perfetta esecuzione è quella, che dà valore al canto ed al suono, che compensa qualunque pregio degli stromenti, e della composizione, è quella alla fine che forma la perfezione dell'arte musica. Ma noi lasciamo agli storici di questa lo sviluppare distintamente le sue vicende, il distinguere più accuratamente, che finor non si è fatto, quale unione avesse la musica colla poesía, quali sieno stati i miglioramenti ad essa prodotti, tanto celebrati da alcuni

Merito della loro musica.

scrittori, quale il corrompimento pianto da altri, e quale la vera indole, quale l'epoca della sua perfezione, e della sua decadenza, e il darci un'idea più chiara ed esatta, che non abbiamo, della musica di quella nazione, che sì giustamente interessa l'erudita curiosità. Degli effetti medici, morali, e politici della greca musica si è scritto tanto in questi tre ultimi secoli, e particolarmente in questo nostro, che inutil cosa sarebbe il volerne ora ulteriormente parlare. Qualunque siasi la verità de' fatti descrittici dagli antichi, potrà pur dirsi, che essi non deggiano chiamarsi a prova della raffinatezza del gusto greco: effetti simili non tanto vengono dalla perfezione della musica, quanto dalla disposizione di chi l'ascolta; e più se ne sono veduti, e se ne vedranno sempre in popoli rozzi con musica informe, che in polite nazioni, dove sieno giunte l'arti ad acquistar qualche perfezione.

Effetti della musica greca.

Nè più ci fermeremo su la musica de' romani, i quali se nella pratica, e negli stromenti ebbero qualche diversità da' greci, che possa interessare la curiosità degli storici dell'arte, niente avanzarono nella teorica, nè lasciarono scritti, che illustrassero questa scienza, e che possano meritare le nostre ricerche. Sant'Agostino, Cassiodoro, Marciano Capella, e più di tutti Boezio sono gli scrittori latini della musica, scrittori però, che più non dissero di ciò, che avevano imparato da' greci, cui ciecamente seguivano. Maggiori lumi si potrebbono forse ricavare dagli scritti degli arabi, i quali più che i latini illustrarono cogli scritti la musica, e vi apportarono l'ajuto delle matematiche cognizioni. Infatti da un codice d'Al-Farabi intitolato *Elementi di musica* (*), che si conserva

Musica de' romani.

Degli arabi.

(*) Al-Farabi nel libro secondo di quest'opera espone li sentimenti de' teorici, ch'erano giunti a sua notizia, e mostra quanto ciascuno di essi si fosse avanzato in quella scienza, ne corregge gli errori, e, come dice egli stesso,

nella biblioteca dell'Escuriale, si vede, che gli arabi, benchè seguaci della dottrina de' greci, non l'abbracciarono senza esame; ch'ebbero forse più giuste cognizioni della parte meccanica de' suoni che gli stessi loro maestri, e che in varj punti ne corresser gli errori, ed empirono il vuoto della loro dottrina. Ma degli scritti arabici su la musica rimasti sepolti nelle biblioteche, poco, o nulla sappiamo, per poterne ritrarre qualche lume, e conoscere i progressi, che dovrà forse quella scienza all'erudite loro fatiche, ma che sono a noi poco noti. Più distinte e chiare notizie potremmo dare della musica della chiesa, se il mero uso di canto e di suono, se qualche varietà, e qualche cambiamento in varie chiese, ed in diversi tempi introdottisi nel medesimo, e non il solo corso della dottrina acustica, e musica fosse l'oggetto delle nostre speculazioni. Rimettiamo adunque i curiosi ricercatori di queste notizie alla grand'opera del Gerbert sul canto, e su la musica della chiesa *(a)*, al Lebeuf *(b)*, al Bur-

Musica della chiesa.

---

empie il vuoto della loro dottrina a profitto de' censori di quegli autori. Diretto da' lumi della fisica deride la vanità dell'immaginazione de' pitagorici su i suoni de' pianeti, e su l'armonía de' cieli. Spiega fisicamente come per le vibrazioni dell'aria si producano i suoni più o meno acuti degli stromenti, e quali riguardi debbano aversi nella figura, e nella costruzione di essi per avere i suoni, che si richieggono. L'uso frequentissimo, ch'egli fa delle parole greche scritte in arabo, mostra quanto fosse greca la dottrina arabica della musica, e la figura d'una scala, o dell'armonía di quindici tuoni, che ci presenta, mentre prova, che non aveva abbracciata la setta de' tolemmaici, non facendo consonanti le terze; prova altresi, che non era tampoco della pitagorica, poichè faceva consonanti l'undecima, e la duodecima, ossia le ottave di quarta, e di quinta. Ho creduto di fare cosa gradita a' dotti lettori col riportare queste brevi notizie per dare una qualche idea degli scritti arabici su la musica, e per rendere un pubblico attestato della mia riconoscenza all'eruditissimo sig. Casiri, che cortesemente mi favorì di compilarmene un lungo estratto.

(a) *De cantu et musica sacra.* (b) *Traité hist. et pract. par le chant eccles.*

ney (*a*), e ad altri scrittori storici, o didascalici della musica, che molto parlano della sacra, ed accenniamo soltanto, che dalla profana e gentilesca musica de' greci passarono alla chiesa greca i modi de' sacri canti; che dalla chiesa greca, od orientale, come dice sant'Agostino (*b*), gl'introdusse sant'Ambrogio nella sua di Milano, e quindi nelle altre occidentali; che quasi due secoli dappoi riformò san Gregorio il canto, e lasciato il molle, ed alquanto raffinato, che in molte chiese s'adoperava, altro ne introdusse più piano, e serio, o per dir così cambiò il canto *figurato* in canto *fermo*, o che egli fosse inventore della nuova musica ecclesiastica, o fosse soltanto, come alcuni vogliono, compilatore di varj modi adoperati in varie chiese più confacentisi al divoto suo spirito; che dalla chiesa romana si sparse in diversi tempi per tutte l'altre dell'occidente la musica gregoriana; che nelle orientali introdusse san Giovanni Damasceno una riforma nella musica simile alla gregoriana; che le chiese greche hanno anche modernamente ritenuta la loro musica, senza sdegnare di adottare qualche parte della nostra (*); e che lasciando i greci posteriori, che poca, o per dir meglio niuna influenza hanno avuta nella nostra moderna musica, Beda, o chichessiasi sotto il suo nome, Ubaldo, Odone, ed altri latini de' bassi tempi scrissero su la musica, stando alla pratica delle chiese occidentali, ma adoperando spesso parole tecniche greche, che mostrano chiaramente la derivazione della musica ecclesiastica dalla greca; e che finalmente nell'undecimo se-

---

(a) Vol. II. (b) *Confess.* lib. IX, cap. VII.

(*) V. Lampadario, Leone, Allazio, ed altri. La biblioteca Naniana in Venezia contiene tanti codici di varj secoli colle note musicali, ch'essi soli danno una quasi continua serie di monumenti per compiere la storia della musica ecclesiastica greca.

colo il celebre Guidone d'Arezzo formò in qualche modo una nuova epoca in quest'arte, che la rese differente dalla greca, e la fece comparir nuova, e diede in qualche guisa principio alla moderna musica.

Guidone aretino.

Molte sono le opere, che scrisse Guidone su questa materia, le quali sono rimaste per la maggior parte nascoste nelle biblioteche, mentre le sue invenzioni musicali ottennero tosto la fama universale, e gli hanno poi meritato un nome immortale nella posterità. Le produzioni del genio, non i lavori d'una pesante fatica si tramandano a' futuri secoli, e alle rimote nazioni; e Guidone per alcune invenzioni musicali viverà immortale, e sarà celebrato in tutti i popoli colti, mentre tanti venerati dottori, e gravi scrittori del suo tempo giacciono eternamente sepolti nella polvere cogli scolastici loro libri, sconosciuti, ed oscuri alla dotta posterità. Guidone prese, come i greci, per fondamento della musica il tetracordo diatonico: ma come i greci avendo uniti due tetracordi trovarono conveniente d'aggiungervi una corda, che si chiamava *proslambanomenos*, così egli n'aggiunse un'altra, e fece un esacordo, dove varie modificazioni di tuoni felicemente si combinavano; e questa corda segnata da lui col *G* greco è la famosa *Gamma* celebrata fra le invenzioni di Guido. Su l'esacordo dovè questi stabilire il suo solfeggio, e prese a tal fine le sei sillabe tanto rinomate dell'inno di san Giovanni *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, volendo, che la corda fondamentale di ciascuna delle tre proprietà del canto s'intonasse coll'*ut*, e l'altre successivamente colle seguenti, e dispose in guisa gli esacordi, che obbligò i cantori a non passare di salto dalla proprietà, che dicono di *Bi quadro*, a quella di *Bi molle*, nè all'opposto, senza passare per la proprietà, che dicono di *natura*. La mano armonica tanto cele-

brata dagli scrittori di que' tempi, la scrittura, o i caratteri musicali, cioè i punti, le righe, e le chiavi si credono anche ritrovati da Guidone; e il contrappunto, o com'ei dice la *diafonia*, su cui vuole vantarsi la moderna musica sopra l'antica, accresce eziandío i meriti musicali di quel famoso maestro: e sebbene il Burney (*a*) metta ragionevole dubbio su la piena originalità di Guidone in alcune di queste invenzioni, conviene però nell'attribuirgli in tutte tanti miglioramenti, che può con qualche diritto passarne per l'inventore. Dopo le novità musicali attribuite a Guidone, la più importante è stata quella delle note, o de' caratteri de' tempi, che segnano quanto su ciascuna sillaba si deggia fermar la voce. Questa generalmente si riferisce da' moderni a Giovanni di Muris nel secolo decimoquarto, benchè lo stesso Giovanni, ed altri scrittori più antichi la derivano da Francone di Colonia, dotto monaco del secolo undecimo, e il Burney (*b*) da alcune espressioni dello stesso Francone, e da altre contemporanee memorie creda doverle dare ancora maggiore antichità. Altra novità introdusse posteriormente Filippo di Vitrì, se vero è, come si vuole comunemente, ch'egli aggiungesse alle note musicali la *minima*, la quale per altro viene già anteriormente nominata dal Papa Giovanni II in un suo decreto del 1322. Il medesimo Filippo si crede pure il primo compositore de' mottetti, che tanto uso hanno poi avuto nella musica moderna: e la prima raccolta, e pubblicazione di mottetti notati in musica colle sue parti, che sia giunta a mia notizia, è stata quella del Vittoria d'Avila fatta in Roma nel 1585 (*c*). Noi lasciamo a' dotti storici della musica l'esaminare questi punti eruditi, e concludiamo

Francone, e Giovanni di Muris.

Filippo di Vitri.

(a) Tomo II, cap. II. (b) Ivi cap. III. (c) *Thomae Ludovici a Victoria Abulensis Motecta festorum totius anni cum Communi Sanctorum a 4, 5, 6, et 8 vocibus.*

soltanto, che anche in que' secoli di tenebre e d'ignoranza; in que' secoli vuoti per la storia dell'altre scienze può contare la musica molti illustratori, e vantare molti utili avanzamenti: il servigio ecclesiastico, e il culto divino eccitavano l'ardore de' divoti e religiosi scrittori per procurare de' miglioramenti a quell'arte, che si credeva quasi necessaria al suo decoro. Infatti Guidone, e Franeone erano monaci, e nel lungo catalogo, che si potrebbe formare degli scrittori di musica di que' tempi, pochi s'incontreranno, che non sieno monaci od ecclesiastici. Non per erudizione e cultura, non per compiere il quadrivio delle scuole, non per illustrare le matematiche discipline, ma per cantare degnamente i divini uffizj si coltivava lo studio della musica; e i più antichi monumenti, che abbiamo di tutte le varietà, che s'introducevano in quella scienza, tutti vengono da' libri di coro, e da' canti delle chiese.

Introduzione della musica nella poesía volgare.

Ma coltivandosi anche allora con ardore la volgare poesía, ed occupandosi in questa molti nobili signori, e perfino gli stessi principi, si cominciò a cercare eziandío l'ajuto della musica a maggiore ornamento della volgare poesía; e spesso i poeti non solo componevano la poesía, ma n'inventavano anche il tuono, con cui doveva cantarsi, e talor altresì eglino stessi notavano in musica i loro poetici componimenti. Il più antico monumento, a mia notizia, è uno, che si ritrova nella Vaticana, d'Anselmo Faidit del principio del secolo decimoterzo per la morte di Riccardo primo, detto *Cuor di Lione*, anch'esso poeta, se vero è, come dicesi, che le note musicali sieno dello stesso poeta Faidit. Posteriore a questo, ma di più autentica legittimità, è la cantica del re di Castiglia Alfonso *il Savio* della metà di quel secolo, la quale esiste nella biblioteca di Toledo colle note musicali, e colle correzioni o postille dello stesso re.

Il Burney riporta un altro poema della Vaticana, composto da Tibaldo re di Navarra, il quale sarebbe anteriore alla cantica del re Alfonso, se la sua scrittura musicale fosse certamente opera del medesimo tempo del poema; ma il codice della Vaticana, al dire dello stesso Burney (*a*), è una copia troppo scorretta per doverla credere molto vicina al tempo della produzione dell'originale; ciò che può anche levare non poco della credenza da prestarsi all'antichità della musica della canzone del Faidit. L'Arteaga (*b*) cita il monaco Francone, che riporta un verso provenzale, od anzi francese posto in musica, il quale forse potrà somministrare qualche pruova d'altro poema anteriore a quello del Faidit colle note musicali. Non so in quale guisa, nè a quale oggetto riporti Francone quel verso: se l'applicazione delle parole alle note musicali è realmente presa dallo stesso poema, sarà certo una pruova, che non potrà essere contrastata; ma se è solamente fatta dal Francone secondo che portava il suo argomento, non potrà addursi per esempio di tale anteriorità. Infatti osservo, che il Burney, il quale ha fatto una diligentissima, e minutissima analisi de' trattati musicali di Francone, non fa pur moto del poema, onde questi ricava il detto verso, ma riferisce soltanto come il primo monumento a lui noto di poesía volgare posta in musica la sopraddetta canzone del Faidit. Ma checchè sia dell'antichità della musica nella poesía volgare, certo è, che detta applicazione, la quale or è il principale oggetto degli studj musicali, non meritava a que' tempi gran fatto l'attenzione de' dotti, e che questa era intieramente rivolta al miglioramento della musica della chiesa. Per questa si tenevano private scuole

(a) Lib. C. (b) *Le Rivol. del Teatro music. ital.* tomo I, cap. IV.

più pratiche, che teoriche nelle cattedrali, e ne' monasteri, e a questa si riferivano tutti gli scritti di musica, che allora uscivano, sì pratici, che teorici.

Pubbliche scuole di musica.

Era nondimeno anche a que' tempi guardata da alcuni la musica come una scienza speculativa, ed una parte delle matematiche, più che come un'arte dilettevole, o uno stromento della divozione, e non solo nelle chiese, e ne' chiostri religiosi, ma era anche accolta nelle letterarie università. La prima, a mia notizia, che l'abbia onorata di gentile accoglienza, fu l'Università di Salamanca, nella quale, secondo il testimonio autorevolissimo in questa materia del celebre Francesco Salinas (*a*), fu eretta sino dal secolo decimoterzo dal re Alfonso *il Saggio* una cattedra per la musica. *Intellexit enim*, riporterò per maggior peso d'autorità le stesse sue parole, *Alphonsus Castellae rex hujus nominis decimus cognomento* Sapiens, *non minus musicae disciplinam, quam caeterarum mathematicarum, in quibus ille maxime excelluit disci oportere. Quamobrem inter primas, et antiquissimas cathedram illius erexit*. Nelle Università d'Inghilterra si vedono sin dal secolo decimoquinto alcuni laureati di musica, o baccellieri, o maestri, o dottori, come Hambois, Habengton, Saintwix, ed alcuni altri. Scuola di musica aveva parimente fin dalla metà dello stesso secolo l'Università di Bologna, erettavi dal papa Niccolò V: e infatti nell'anno 1482 stampò in essa un' opera di musica Bartolommeo Ramos (*b*), dove si vede, che avendo egli per alcuni anni occupata la cattedra di musica di Salamanca, reggeva da qualche tempo quella di Bologna, chiamatovi con onorevole invito. Nè vedo come mai il Sassi (*c*), ed il Tiraboschi (*d*) abbiano potuto lasciarsi sedurre

(a) *De Musica* Praef. (b) *Tract. de Musica*. (c) *Hist. typ. Mediol.*
(d) *Storia della Letter. Ital.* tomo VI, part. I, lib. III, cap. II.

da un epigramma, forse non bene inteso, del Biffi, per asserire, che niun principe aveva ancora pensato a fondare pubblica scuola di musica; che Ludovico Sforza duca di Milano fu il primo a darne l'esempio; e che Franchino Gafurio fu il primo professore in quella città; ciò che non potè essere che alla fine del secolo decimoquinto. Per tutto quel secolo, ed anche prima v'erano pubbliche scuole in molte Università, e in esse spiegavasi comunemente l'opera di Boezio, la quale, com'egli stesso confessa, non è che una compilazione della dottrina di Nicomaco, e d'altri pitagorici; onde quanti allora studiavano la musica, tutti si formavano co' pitagorici insegnamenti su le ragioni de' tuoni; nè gli scrittori ecclesiastici avevano pensato d'introdurre in esse alcuna riforma. Ma in quel secolo si rese più comune la lingua greca, e i greci scrittori divennero più familiari, e domestici, e si diedero pertanto i professori eruditi a studiare non solo Boezio, ma tutti i musici greci, ed introdurre nella lor arte qualche maggiore raffinamento. Fra' molti sistemi musicali de' greci v'era il sistema *temperato*, che noi abbiamo brevemente accennato nel tolemmaico; cioè un sistema, che per formare migliore armonía introduceva una qualche alterazione negli intervalli (*a*); e i tolemmaici infatti alterarono la ragione del tuono aggiungendo il tuono minore. Ma i latini tutti pitagorici, o boeziani giuravano ciecamente nella dottrina de' loro maestri, nè pensavano d'abbracciare il temperamento de' tolemmaici, e nè pur forse lo conoscevano, non che d'introdurne degli altri. Il Ramos, guardando con occhio filosofico la musica, ebbe maggiore abilità, o maggiore coraggio, e ritrovò un utile temperamento, volendo alterate le ragioni del-

Ristoramento della musica.

(a) V. Rousseau *Dict. de Music.*, Tempérament.

la quarta, e della quinta; e sebbene dovè soffrire le opposizioni del Burzio, e del Gafurio, pur fu poi dopo quasi un secolo sostenuto, e promosso dal Zarlino, e trionfò alla fine sì nella pratica, che nella teorica de' musici. L'Eximeno dottamente spiega la necessità de' temperamenti negl'intervalli musicali, e i miglioramenti riportati alla musica colla dottrina del Ramos, del Fogliani, e del Zarlino (a); e quella sua copiosa e giusta spiegazione ci dispensa di più fermarci in questa materia. Vasto campo s'offrirebbe alle nostre investigazioni, se volessimo dare qualche notizia degli scrittori di musica, che dopo la metà del secolo decimoquinto, dopo l'introduzione de' lumi della greca letteratura, dopo l'incominciamento della nuova cultura, e raffinatezza apportata alle belle arti, si sono veduti sorgere in tutta la colta Europa. Il Lampillas ne accenna parecchj degli spagnuoli, che bastano al suo intento, ma che potrebbono accrescersi molto più (b). L'Arteaga infatti ne nomina molt'altri, e ci fa sperare una sua opera su la scienza musica degli spagnuoli, che non solo sarà di gloria alla sua nazione, ma darà molti lumi per tutta la storia della moderna musica (c). Noi rimettendoci a questi, e ad altri autori d'altre nazioni, che hanno parlato degli scrittori musicali di tutte, diremo soltanto, che sebbene è stato in ciascuna infinito il numero di tali scrittori in que' due secoli decimoquinto e decimosesto, furono nondimeno rispettati fra tutti come principali maestri il Zarlino, e il Salinas, i quali vengono anche oggidì riguardati con molta stima dagl'intendenti di quella scienza. Le istituzioni armoniche del Zarlino, tuttochè troppo cariche di vane e fantasti-

Scrittori di musica.

Zarlino.

(a) *Dubbio sopra il Saggio di Contrappunto* ec. pag. 85-86.

(b) *Saggio Istor. Apol. della Lett. Spagn.* par. II, tomo II, diss. III, §. V.

(c) *Rivol. del Teatr.* ec. tom. I.

che ragioni, divennero nondimeno il libro classico per gli studiosi della musica pratica, e tutte le sue opere musicali servirono ad illustramento della diletta sua arte. Ma i sette libri *De musica* del Salinas ebbero ancora una fama più universale, e hanno poi conservata più durevole riputazione. Quel celebre cieco, profondamente istruito nella musica pratica, e nella teorica, ed altresì erudito filologo, poeta, filosofo, e matematico, che giustamente viene detto da molti il moderno Didimo, e potrebbe anche chiamarsi lo spagnuolo Saunderson, dopo lungo studio de' greci e de' latini, dopo lunghe meditazioni, e dopo continuo esercizio lasciò a' posteri in quella dotta opera quanto l'erudite ricerche, e l'attente speculazioni, e replicate sperienze nel lungo corso di cinquanta e più anni gli avevano suggerito su la pratica, e su la teorica della musica. Non occuparono nondimeno questi dotti scrittori tutto il campo della dottrina musicale, nè chiusero ad altri ogni via di distinguersi in utili e curiose investigazioni. L'illustrazione dell'antica musica, ed il parallelo, e l'applicazione di quella alla moderna, diventò lo studio non solo de' musici, ma più anche degli eruditi. Il Doni, il Vossio, il Meursio, e sopra tutto il Meibomio, e più recentemente il Burette impiegarono felicemente in questa parte le gloriose loro fatiche, e agli eruditi loro lavori dobbiamo noi le più chiare e sicure cognizioni, che della musica greca abbiamo presentemente. Le dotte dispute, le opportune scoperte, e i felici avvenimenti, che in questi secoli hanno molto contribuito a' maggiori avanzamenti della musica, darebbono ampia materia per un copioso trattato, se l'istituto del presente capo, e la vastità degli argomenti, che restano da trattare, non ci pizzicasse continuamente l'orecchio, e ci tirasse la mano per richiamarci al proposto assunto, e

Salinas.

tenerci ristretti entro i confini delle matematiche. Ed appunto nel passato secolo comincia la scienza del suono ad essere trattata con qualche rigore matematico, e assoggettarsi l'acustica alle leggi della meccanica.

Galileo. Il Galileo dèe riporsi alla fronte di questa scienza, come l'abbiamo finor veduto di quasi tutte l'altre. Dalla dottrina de' pendoli ricava egli i principj fondamentali della musica (*a*). Con essa risolve il problema delle due corde tese all'unisono, che al suono dell'una si muove l'altra, e risuona; spiega molti fenomeni fisici acustici, appoggia la sua dottrina delle vibrazioni sonore, e pruova chiaramente consistere il suono nelle ondulazioni dell'aria prodotte dal moto delle corde, e pervenute alle nostre orecchie. Se tali ondulazioni s'uniscono regolarmente a ferire l'orecchio, nasce una consonanza, e questa è maggiore, quanto più spesso accade la riunione. L'ottava è formata da due corde, delle quali una fa due vibrazioni mentre l'altra non ne fa che una, nella quinta una ne fa tre, e l'altra soltanto due; nella quarta una quattro, e tre solamente l'altra; e così delle due terze ec.; e quindi le vibrazioni delle corde nell'ottava ad ogni due dell' acuta arrivano unite all'orecchio, ad ogni tre nella quinta ec.; e perciò la più perfetta consonanza è l'ottava, e poi la quinta, e così delle altre. Ma se le vibrazioni delle corde sono incommensurabili, cioè che mai non si uniscano, o non lo facciano che dopo lungo tempo, nasce allora la dissonanza; e perciò dissonante è la seconda, che ha la ragione di 8, 9, ed ha d'uopo non meno che d'8 vibrazioni della corda grave, e 9 dell'acuta, perchè concorrano a colpire amendue unitamente l'orecchio. Per formare questa varietà

(a) Dial. I *della nuova Scienza*.

di suoni, e questi tuoni diversi bisogna stabilire la varietà, che tali suoni richiedono nelle corde. Lunghezza, grossezza, e tensione della corda fissano l'acutezza del suono, ch'essa dovrà produrre: lunghezza e grossezza in ragione inversa, e tensione nella diretta. Questa dottrina era già conosciuta da' pitagorici, ma grossolanamente, e senza la dovuta precisione: il Galileo fu il primo a trattarla con esattezza, e diede i primi elementi dell'acustica, che hanno poi servíto di base alle sublimi teoríe de' più sottili geometri. Determinò dunque il Galileo, che due corde ugualmente lunghe, grosse, e tese suoneranno all'unisono; ma che per formare per esempio un'ottava, o due suoni, l'uno doppiamente più acuto dell'altro, dovrà la corda più acuta essere di doppio minore lunghezza, o di doppio minore diametro, ovvero di quadruplo maggiore tensione, o sia tesa con quadruplo peso, ch'è dire, che l'acutezza del suono seguirà la ragione semplice inversa della lunghezza e del diametro della corda, e la quadrata diretta della tensione, o sia de' pesi, che la tirano. La dottrina del Galileo tanto nella parte armonica, che nella meccanica de' suoni è in generale quella de' pitagorici: ma qual differenza dalla dottrina pitagorica alla galileana? Innalzata dalla popolare inesattezza alla matematica precisione, appoggiata non a false e grossolane sperienze de' martelli, de' bicchieri, e de' piatti, ma a finissime e giustissime osservazioni de' moti de' pendoli, delle ondulazioni de' fluidi, e delle vibrazioni sonore, levata da una metafisica tenebrosa, e da una misteriosa oscurità alla più chiara luce di semplici ragionamenti, e di palpabili sperienze, si era resa solida e ferma, e degna dell' attenzione de' filosofi anche nello splendore della matematica, e fisica de' nostri dì. E che hanno detto in questa parte di più del Galileo il geometra Eulero, e il fisico Nollet?

Il Sauveur istesso, tutto che creatore d'una nuova scienza, appoggia la sua dottrina alla dottrina or accennata del Galileo. Che se il filosofo musico Eximeno, giustamente impegnato in sottrarre la diletta sua scienza da' ceppi della matematica, rigetta la ragione della consonanza proposta dal Galileo come non abbastanza generale, nè applicabile a tutti i casi dell'armonía (*a*), confessa però concorrervi tante sperienze, e tante apparenze di ragione, che non è da far meraviglia, che il Galileo, e gli altri filosofi si sieno indotti ad abbracciarla; nè trova a ridire contro la sua dottrina meccanica della formazione de' suoni diversi, benchè ne provi smentita dalla pratica l'applicazione negli stromenti. La dottrina musica del Cartesio è tanto conforme a quella del Galileo, che il Cartesio stesso pare che voglia schivare la taccia di plagiario, e cerchi di rifonderla nel Galileo (*b*); e il Poisson illustratore della sua musica più uso fa delle ragioni e delle sperienze del Galileo, che di quelle del suo autore Cartesio (*c*). Sotto l'ombra di questi due sommi filosofi cresceva la musica, e chiamava l'attenzione del Merseno, del Gassendo, del Wallis, e d'altri chiarissimi scrittori occupati nell'illustrazione delle più nobili scienze. L'Accademia del Cimento, senza entrare nell'esame dell'armonía, prese pur in considerazione la cognizione del suono, e istituì opportune sperienze, e ci diede importanti lumi su la celerità, e propagazione di questo. Il Boyle, il Flamsteed, l'Allejo, e varj altri hanno con replicate sperienze cercata la giusta determinazione di tale velocità. Intanto il Newton ascoltando gli ammaestramenti della natura più nelle geometriche sue ragioni che nelle impressioni de' sensi, per una teoría molto

Cartesio.

Newton.

(a) *Orig. e reg. della Musica* lib I, cap. II. (b) Ep. xcI, par. II.

(c) *Elucid. phys. in Cartesii Musicam*.

ingegnosa e dotta, ma complicata ed oscura, delle vibrazioni dell'aria, e per conseguenza della velocità del suono, dimostrò la proposizione, che „ propagate pel fluido le vibra-
„ zioni, tutte le particelle del fluido con moto reciproco bre-
„ vissimo avanzandosi, e ritirandosi, s'accelerano sempre, e
„ si ritardano secondo la legge d'un pendolo, che oscilla „
e trovò colla sua teoría una velocità di suono pressochè la medesima di quella, che ci dà la sperienza (*a*). La teoria del Newton parve tanto ingombrata a Giovanni Bernoulli il figlio, che nel discorso su la *Propagazione della luce*, premiato dall'Accademia delle Scienze di Parigi nel 1736, non lusingandosi di poterla intendere chiaramente, in vece di studiarla con attenzione stimò meglio di proporre un altro metodo più facile, e più agevole da seguire, e giunse per mezzo di questo alla stessa formola, che il Newton aveva data col suo. Ma sì l'uno, che l'altro metodo hanno incontrate delle opposizioni ne' geometri, perchè amendue suppongono, che il suono si trasmetta per fibre longitudinali vibranti, che si formano successivamente, e sono sempre uguali fra loro, e questa supposizione nè è dimostrata, nè appoggiata su sode pruove. Si vuole anche opporre, che il Bernoulli col suo metodo avrebbe dovuto in quell'ipotesi rinvenire una velocità diversa da quella ch'ei trova, e che è realmente la vera. L'Eulero prima in una tesi difesa in Basilea nel 1727, e poi nella *Dissertazione sul fuoco*, che divise il premio dell' Accademia delle Scienze di Parigi nel 1738, ebbe sospetto di falsità su la teoría del Newton, e propose un'altra formola per determinare la velocità del suono diversa dalla newtoniana; ma nè mostrò il difetto di questa, nè diede la dimo-

Giovanni Bernoulli.

(a) *Princ. Math.* ec. tomo II, prop. XLVII.

strazione della sua. Il Cramer fece alcune dotte osservazioni su la teoría del Newton, e mostrò, che la sua dimostrazione non veniva dalla natura della cosa, ma soltanto dall'ipotesi, che s'era presa, e che applicata ad un'altra proposizione affatto diversa avrebbe retto ugualmente. I dotti comentatori del Newton Jacquier, e le Seur riportano distesamente questa obbiezione loro comunicata dal Cramer; ed eglino stessi confessando, che la dimostrazione del Newton non va esente di difetto, cercano di sostenere la sua proposizione prendendone altronde la dimostrazione; ma i loro calcoli sono così complicati, che non possiamo pienamente affidarci nelle loro conclusioni; e i posteriori geometri infatti non hanno abbracciata la dottrina del Newton; e il la Grange dopo profondo esame l'ha trovata fondata in ipotesi incompatibili fra loro, e che necessariamente portano al falso (*a*). Tutti questi punti però, la dottrina del Galileo, e del Cartesio intorno la musica, le sperienze de' fisici, e le teoríe de' geometri sopra il suono non erano che piccioli saggi de' moltissimi argomenti, che offre questa materia, e delle infinite speculazioni, che restavanò a fare. Il bisogno, che hanno avuto i filosofi de' telescopj, e microscopj, gli ha obbligati a studiare con estrema applicazione le differenti vie, e gli accidenti diversi della luce, e formare intorno ad essa una scienza, che avendo per oggetto la nostra vista, prende il nome di ottica; ma come non hanno avuto uguale bisogno di conoscere esattamente ciò che appartiene al suono, nè hanno riguardata la musica che pel piacere dell'udito, pel quale non credevano necessario il cercare le regole nel fondo della filosofia, non avevano rivolte da quella parte le loro specu-

(a) *Ac. de Turin* tom. I.

lazioni, nè avevano pensato di fare una scienza per l'orecchio, come l'avevano per l'occhio. Il Sauveur volle entrare in questo quasi affatto sconosciuto paese, e a misura che più s'inoltrava, tanto più trovava che esaminare, tanto più credeva necessario di formare una scienza acustica, la quale parevagli dover essere più vasta, e non meno curiosa ed importante dell'ottica, che tanto occupava gli studj de' matematici. Le sperienze, le osservazioni, i calcoli, le riflessioni lo condussero a mille nuove scoperte, e presentarono al filosofico e penetrante suo sguardo molte belle ed interessanti novità. La scoperta del suono fisso, la distinzione del suono fondamentale e dell'armonico, l'osservazione delle *ondulazioni*, o sia delle vibrazioni parziali, e separate d'una stessa corda, de' *nodi*, e del *ventre* di tali ondulazioni, e delle curiose diduzioni, che ne derivano, l'invenzione di certe macchine acustiche, che sarebbero state sì utili, ed eccellenti, come quelle dell'ottica, nuova lingua musicale più distesa, e più comoda, nuovi caratteri, nuove regole, nuove divisioni de' suoni, nuovo sistema d'intervalli, ed insomma una nuova musica, o, per dir meglio, un'acustica, di cui la musica non è che una sola parte, sono i frutti delle sue speculazioni, ch'egli presentò come in abbozzo all'Accademia delle Scienze di Parigi *(a)*, e che voleva portare alla sua maturità e perfezione. Egli era in verità un fenomeno strano e maraviglioso, che il Sauveur, come dice il Fontanelle *(b)*, non aveva voce, nè orecchio, e non ad altro pensava che alla musica, era ridotto a prendere in prestito la voce, e l'orecchio altrui, e ne rendeva in cambio dimostrazioni sconosciute a' musici, che gli prestavano quell'ajuto. Qual van-

Sauveur.

(a) Ann. 1700 = 1701 ec. (b) *Eloge de Monsieur Sauveur.*

taggio per l'umanità, se la filosofia giungesse a recare tanti soccorsi all'udito, quanti ne ha dati alla vista? Se il Sauveur avesse potuto condurre al bramato termine le divisate teoríe, se la morte non l'avesse rapito nel corso delle sue meditazioni, sarebbe egli stato il Newton dell'acustica, e noi avremmo questa scienza ridotta alla perfezione dell'ottica. Or nondimeno dobbiamo alla sua diligenza molte scoperte su varj accidenti della propagazione del suono, molte osservazioni su gli stromenti da corda e da fiato, e molte curiose ed utili cognizioni su varie parti della musica, e dell' acustica; e da alcuni punti della sua dottrina sono poi derivati il sistema fisico del suono del Mairan (*a*), e l'armonico del Rameau, e dell'Alembert. I tentativi del Sauveur, e più ancora i brevi cenni del Newton su le vibrazioni delle corde sonore indussero i matematici a trattare questo problema col rigore geometrico, e vincere le difficoltà, che presentava la loro complicatezza. Il primo, che ottenesse la gloria di risolverlo felicemente, fu il Tailor, il quale giunse a dimostrare con esattezza le differenti leggi di tali vibrazioni, e sottomettere al calcolo il moto delle corde oscillanti (*b*). Considera egli la lunghezza, e la massa di questa, e poi la lunghezza d'un dato pendolo a secondi, e il rapporto della circonferenza d'un circolo al suo diametro, e dà quindi una formola, che esprime il numero delle vibrazioni della corda durante una vibrazione del pendolo. Cerca la figura, che prende la corda quando forma le vibrazioni, e trova, che non è che una specie di cicloide allungata, ch'ei chiama compagna della cicloide, ed altri geometri dicono curva degli archi. Per determinare questa figura suppone, che tutti i

Tailor.

(a) *Acad. des Scien.*, *an.* 1737. (b) *Math. increm. directa et inversa*, 1715.

punti della corda arrivino allo stesso tempo alla situazione rettilinea; e sebbene quesa supposizione pare mostrata abbastanza dalla sperienza, vuole pur dimostrarla anche senza il soccorso di essa. Giovanni Bernoulli, che esaminò il problema *delle corde vibranti* dopo il Tailor, ne diede anche la medesima soluzione. Pareva forse a que' geometri, che tale ipotesi fosse bastante per rendere ragione de' principali fenomeni de' tuoni musicali, o forse credevano, che non bastassero le loro forze per risolvere il problema fuori di quell'ipotesi in tutta la sua generalità. Questa soluzione, tuttochè del Tailor e del Bernoulli, non contentò la scrupolosa dilicatezza dell'Alembert, e si prese a provare, che anche in quell' ipotesi può prender la corda infinite altre figure, che ugualmente soddisfanno al problema, e che anche senza quell'ipotesi si può determinare in generale la curvità, che ad ogni istante dèe avere la corda facendo le sue vibrazioni; e fece in seguito molte ingegnose ricerche su la natura di queste curve, ch'ei chiama *generatici*, e della maniera come esse possono generarsi, che hanno recati molti lumi a' meccanici, a' geometri, ed agli algebristi, e fu il primo, che risolvesse il problema nella sua generalità (*a*). La soluzione dell'Alembert era realmente generale, ma sempre supponendo, che la curva generatrice fosse regolare, e che potesse essere compresa in una equazione continua. L'Eulero trattò il problema con un metodo analogo a quello dell'Alembert; ma gli diede maggiore generalità, e conchiuse, che qualunque curva *serpeggiante*, continuata dall'una e dall'altra parte alternativamente di sopra e di sotto all'asse, sia regolare od irregolare, sarà propria per la soluzione di quel problema (*b*). Que-

Alembert.

Eulero.

(a) *Acad. de Berlin.*, an. 1747. (b) *Acad. de Berlin.* 1748.

sta soluzione, benchè fatta con un metodo molto analogo a quello dell'Alembert, e simile alla sua in molti punti essenziali, era nondimeno diversa, più diretta, più analitica, più applicabile a tutte le questioni di questa spezie, ed evidentemente più generale. Non potè sofferire quietamente l'Alembert il dover partire con altri la gloria d'una sì bella scoperta, nè vide nella soluzione dell'Eulero che i tratti di somiglianza colla sua, nè la credè sufficiente per tutti i casi, in cui nella curva generatrice non si seguisse la legge della continuità (*a*). Ma non tardò a rispondergli l'Eulero, e sostenne avere la sua soluzione tutta la necessaria esattezza, e la conveniente generalità (*b*). Mentre in questa guisa si dibattevano que' due eroi della matematica, venne in campo un altro non meno valente atleta, il profondo e sodo Daniele Bernoulli, e volle in qualche modo togliere ad amendue la gloria, che tanto si contrastavano, e darla intiera al Tailor, primo risolutore di quel problema. Egli crede di dimostrare, che la soluzione del Tailor è capace di soddisfare a tutti i casi possibili, e stabilisce la proposizione generale, che qualunque possa essere il moto d'una corda tesa, essa non formerà mai altro che una, o un complesso di due, o più cicloidi allungate. Quindi vuole, che i calcoli dell'Alembert, e dell'Eulero niente più insegnino che que' del Tailor, e riduce il merito della soluzione, che dà egli stesso, a quello soltanto d'avere saputo applicare al metodo del Tailor un' analisi tutta nuova, che non esisteva al tempo di lui, cioè quella delle differenze parziali. Rispose l'Eulero alle obbiezioni del Bernoulli, e il calore della disputa fra due sì profondi geometri fece germogliare molte nuove ed interessanti

Daniele Bernoulli.

(a) Ivi ann. 1750. (b) Ivi ann. 1753.

verità su le oscillazioni delle corde e dell'aria, su la formazione del suono, su gli stromenti da corda e da fiato, e su molt'altri punti risguardanti questa materia. Era da vedersi con piacere accompagnato da maraviglia e rispetto quella lunga e gloriosa lotta di que' due genj sublimi (*a*): uno spiegava tutte le forze dell'analisi, l'altro per potersi reggere senz'averne di bisogno impiegava tutta l'arte, e tutta la sagacità d'uno spirito inesauribile in risorse; uno profondeva prodigamente sforzi e calcoli, perchè niente costavano al suo genio fecondo, ed istancabile; l'altro sempre semplice, elegante, e facile metteva la sua gloria in fare molto con poche forze, senza dover temere di comparirne mancante; e tutti e due illuminavano, e tenevano sospesa di meraviglia del sublime loro sapere tutta la matematica Europa (*b*). Dopo il Newton, il Tailor, i due Bernoulli, il d'Alembert, e l'Eulero entrò coraggiosamente nel campo il giovinetto la Grange, e toccò a lui il raccorne gli allori. Egli esamina la dottrina del Newton su la propagazione del suono, espone l'analisi pura ed esatta del problema secondo i primi principj della meccanica, e fa conoscere l'insufficienza, e la falsità del metodo newtoniano, e propone un'altra via per la soluzione fondata su principj sicuri, ed incontrastabili. Discute le teorie del Tailor, dell'Alembert, dell'Eulero, e le riforme, e le obbiezioni di Daniele Bernoulli; e, pesate le ragioni degli uni, e degli altri, conchiude, che i loro calcoli non bastano a decidere tali questioni, e propone una soluzione, che sembra avere tutto il merito della sodezza, e della generalità. Passa poi a sviluppare la teoría generale de' suoni armonici, degli stromenti da corda e da fiato, e per una

La Grange.

(a) V. *Eloge de Monsieur Daniel Bernoulli*, *Ac. des Scien. de Paris* 1782.

(b) V. *Acad. de Berlin* 1753 ec.

formola semplice determina il suono fisso ed i suoni armonici, che propose il Sauveur, con quell'esattezza e facilità, a cui quegli non potè giungere; e dà nuovi e sicuri lumi per la cognizione del suono, applicabili anche alla pratica della costruzione, e del maneggio degli stromenti, alla teoría dell'eco semplice, e composto, e ad altri curiosi, e difficili punti dell'acustica. Le formole sì semplici, e generali, l'integrazione di tante equazioni, l'analisi sì fina, chiara, ed esatta, la penetrazione del suo ingegno, la sodezza del suo giudizio chiamarono l'attenzione di tutti i geometri: gli stessi atleti di quella nobile lizza l'Eulero, il d'Alembert, e il Bernoulli, i venerati oracoli di questa scienza ascoltarono con rispetto la voce del nascente geometra, nè sdegnarono di metterlo al loro lato nel segglo, ch'essi occupavano nel matematico impero. Tutti e tre scrissero tosto al giovine la Grange, abbracciando molti punti della sua dottrina, domandando d'altri maggiori rischiarimenti, e venerandolo in tutti quasi come loro arbitro e giudice; e se l'Accademia di Berlino era stata poc'anni prima il campo di battaglia fra que' tre illustri campioni, l'Accademia di Torino divenne nel suo nascere il teatro d'onore, dove fecero luminosa comparsa l'acustica e l'algebra, e dove concorsero, si può dire, a corteggio del la Grange l'Eulero, ed il d'Alembert, i sovrani, e principi delle matematiche discipline. Qual gloria per un giovin geometra vedersi alla prima produzione portato su l'ali della fama per tutte le accademie, e le scuole ricevere gli applausi de' più applauditi geometri, e gl'incensi e le adorazioni di tutti gli altri? Questa singolar gloria, che ottenne allora il la Grange, l'ha sempre mantenuta, ed accresciuta costantemente perfino a' nostri dì, spargendo ognor nuovi lumi anche su la presente materia, che sì copiosamente aveva

illustrata (*a*). E' pure lode grande del conte Giordano Riccati il meritare d'essere nominato anche dopo il la Grange, e gli ora celebrati geometri: il terzo suono osservato dal Tartini, il suono falso, ed alcuni altri nuovi punti sono stati da lui solo geometricamente trattati; e se egli non ha uguagliati gl'illustri suoi antecessori nella finezza dell'analisi, e nella profondità de' calcoli, gli ha forse superati nelle novità d'alcune materie, nell'estensione delle ricerche, e nello studio di conformare alla pratica le sue teoríe, ciò ch'è un pregio non molto comune in tali speculazioni (*b*).

Giordano Riccati.

Intanto che questi geometri sì attentamente contemplavano la parte meccanica del suono, altri rivolgevano la loro attenzione alla parte fisica, ed altri alla parte armonica del medesimo. Il Mairan, trovando alcuna analogía tra i suoni e i colori, volle portarla più oltre, e propose un'ipotesi su la propagazione del suono, che molto s'assomigliava al sistema del Newton su la spansione del lume e de' colori. Il suono non è che le vibrazioni delle particelle dell'aria prodotte dal corpo sonoro, e comunicate al nostro orecchio. Voleva dunque il Mairan, che le particelle dell'aria fossero di diversa elasticità, e che al muovere la corda sonata tutte le particelle d'aria, che la circondano, in quelle soltanto seguisse la vibrazione; che fossero analoghe alle vibrazioni di quella, e non d'altre corde; come se posti all'unisono due clavicembali vicini, se suona una corda dell'uno, si sente nell'altro un picciolo eco, solo però nella corda unisona, e non nelle altre. Con questa diversa elasticità delle molecole aeree, e con questa analogía d'alcune colle vibrazioni ch'esige un tuono, e d'altre con quelle d'un altro, spiega assai speditamente molti fenomeni

Mairan.

(a) V. *Acad. de Turin* t. I, II, III. *Recherches* ec., e *Mechan. anal.* sec. part . sect. IX.

(b) *Delle corde elastiche*, 1767; *Suono falso* artic. del *Prodrom.o della nuova Enc. ital.*

della propagazione de' suoni diversi, che in qualunque altro sistema sono molto imbarazzanti e difficili, e rende assai probabili ragioni di varj accidenti dell'armonía. Ma nondimeno quest'ipotesi del Mairan non è stata abbracciata da molti fisici: la diversa elasticità delle molecole dell'aria troppo contraria al loro equilibrio, e la infinita varietà, che ci vorrebbe di tali molecole, poco conveniente alla semplicità della natura, sono sembrate di maggiore difficoltà di quante ne può sciogliere tale ipotesi. L'Eulero, non contento d'avere risoluto analiticamente il problema delle corde sonore, volle anche trattare fisicamente del suono, e formare eziandío un sistema de' principj dell'armonía, e una nuova teoría musica (*a*). Il suo principio è, che i tuoni saranno più consonanti o piacevoli all'orecchio, quanto più facilmente la ragione delle loro vibrazioni sonore si lascierà comprendere dalla mente; e forma quindi la scala de' gradi diversi di soavità ne' diversi tuoni, e stabilisce tutto il sistema dell'armonía musicale. Molti inconvenienti nella teorica, e molti più nella pratica rileva giustamente l'Eximeno nel sistema musico dell'Eulero (*b*), al quale noi rimettiamo i lettori, che bramino di vederli. Maggiore celebrità s'è acquistato il Rameau, eccellente musico, ed utile scrittore di musica, non solo nella Francia, ma eziandío nelle altre nazioni; fortunato per aver ottenuto ad illustratore e riformatore della sua dottrina non meno che un Alembert (*c*). Ed è ben da far maraviglia, che i due più rinomati geometri dell'Europa, mentre si dibattevano su gli aridi calcoli della parte meccanica del suono, si occupassero eziandío quasi contemporaneamente su le dilettevoli amenità dell'armonica; più savio, a

Eulero. Rameau. Alembert.

(a) *Tentamen. nov. theor. mus.* ec. (b) *Orig. della Musica* lib. I, c. III.
(c) *Elem. de Musique*.

mio giudizio, l'Alembert per essersi attenuto al sistema d'un musico, senz'impegnarsi a farne di nuovo uno suo, e per avere schivati i difficili calcoli, senz'affastellare, com'egli dice, cifre sopra cifre nel suo scritto. Dal fenomeno osservato già dal Sauveur, che al suonare una corda si sente oltre il suono proprio di questa la duodecima, e la decimasettima maggiore di quel tuono, ricavano il Rameau, e l'Alembert i principali punti della melodía, e dell'armonía, e molti utili insegnamenti su tutte le parti della musica. La scoperta del terzo suono, cioè, che quando da due istromenti simili si fanno due suoni diversi, se ne sente un terzo differente da tutti due, ha dato più nome al Tartini, benchè da alcuni vengagli contrastata (a), che l'oscurissimo suo *Trattato dell' armonia*, che fondò su tale scoperta, e che vanamente volle appoggiare ad aritmetiche e geometriche ragioni. Dopo tanti musici illustri, dopo sì valenti filosofi, e sì sottili matematici comparve alla luce l'Eximeno assai versato nella matematica e nella musica per conoscere intimamente la natura dell' una e dell'altra, e assai sincero filosofo per aver il coraggio di dire senza riguardo ad altri scrittori la sua opinione, e di togliere alla matematica ogni influenza sopra la musica. Espone egli, e rifiuta i sistemi musicali de' matematici e de' musici, che l'avevano preceduto, e non sopra cifre e figure, non sopra matematici ragionamenti, ma su l'osservazione soltanto della natura vuole fondare il suo sistema. I tuoni della musica non sono per lui che gli accenti della favella; e sette sono soltanto i tuoni delle voci e delle corde armoniche, perchè per quante sieno le persone, cui si faccia intonare la voce, che loro è più facile e naturale, non se ne

Tartini.

Eximeno.

(a) Alembert *Elem. de Musique, Disc. prél.*

sentiranno altre che quelle de' sette tuoni; e così pure perfetta è l'armonía di terza, quinta, ed ottava, e consonanti sono gl'intervalli, che fra quelle corde si trovano, perchè quest'è l'accordo dettato dalla natura, e quello che senza regole di musica faranno più persone, che vogliano formare naturalmente un concerto. Da queste semplicissime osservazioni ricava egli le regole della musica, e fa rientrare quest' arte nella vera filosofia. Il Rousset, il Martini, il Sacchi, ed altri parecchi hanno scritto, o tuttora scrivono della musica; ma noi non possiamo seguire tutti i passi di questa scienza, e forse n'abbiamo parlato più che al nostro istituto non conveniva. La musica è più da riguardarsi come arte dilettevole che come scienza matematica; l'acustica, che dèe comprendere tutta la dottrina del suono, si può ancora considerare come nascente, e appena toccata in pochi suoi punti: impieghino in essa i loro studj i geometri e i fisici, che con isperienze, e con calcoli scopriranno molte utili verità, che vi sono ancora nascoste, e ci formeranno una vera scienza nell'acustica, come l'abbiamo nell'ottica, che ora verremo ad esaminare.

CAPITOLO IX.

DELL' OTTICA.

Primi scrittori d'ottica.

Dell'ottica degli antichi non abbiamo tanti scritti, nè tante memorie, come della lor musica. Sappiamo, che Democrito, ed Anassagora scrissero della prospettiva (*a*), che un filosofo del tempo di Filippo macedone lasciò alcuni li-

(a) V. Vitruv. lib. vII, cap. I.

bri di cose ottiche (*a*), che Platone (*b*), ed Aristotele (*c*) parlarono della luce, de' colori, e della vista, e che Aristotele in oltre compose un libro distintamente dell'ottica (*d*); e tutto questo può provare abbastanza, che assai per tempo cominciarono i greci a fare le loro speculazioni su questa scienza. Ma di tutte queste, e d'altre antiche opere ottiche non ci restano che alcune poche espressioni di Platone e d'Aristotele, troppo oscure, ed equivoche, nè abbastanza fra loro convenienti, per poterci dare qualch'idea de' loro progressi nelle ottiche cognizioni. Più forse proverebbe a loro favore il passo d'Aristofane, se appunto non si potesse dire, che proverebbe troppo, e più assai che non si possa prudentemente accordare alle scienze nascenti di quell'età. Noto è, che Aristofane fa parlare nelle *Nuvole* Strepsiade, dicendo di voler comprare agli speziali o droghieri una pietra diafana, che è il vetro, col quale s'accende il fuoco, e standosi da lontano, applicando al Sole quel vetro, scancellare la scrittura della sua condanna (*e*). Questo pare in realtà una lente ustoria, e suppone la cognizione della rifrazione del lume pel mezzo del vetro necessaria per accendere il fuoco tanto comune, che si faceva un pubblico commercio di vetri preparati a tale effetto, ed era cosa usuale e frequente l'accender con essi il fuoco; anzi Strepsiade suppone una cognizione più intima d'una rifrazione capace di produrre anche da lontano un simile effetto, ciò che i nostri ottici stenterebbero ad eseguire. Ma è ella credibile a que' tempi una sì recondita cognizione? Avrebbono parlato del lume con tanta incertezza, per non dire con tanti errori, Platone ed Aristotele, se prima del loro tempo fosse già diventata volgare, e

Passo d'Aristofane.

(a) Suida v. *Philosophus*. (b) In *Tim. Theet.* et alibi.

(c) *De Anima* probl. al. (d) Laert. *in Aristot.* (e) Act. II, sc. I.

pubblica una sì sottile diottrica? Osservo all'opposto, che lo Scoliaste d'Aristofane ci dà al detto luogo un'idea di tale effetto col mezzo del vetro troppo differente da quella della rifrazione, dicendo, che que' vetri rotondi e grossi si ungevano coll'olio, e si riscaldavano, vi s'applicava un lucignolo, o checchè deggia intendersi per le greche parole *προσάγουσι θρυαλλιδα*, e così accendevano il fuoco. Non parmi, che deggiasi prestare gran fede al detto dello Scoliaste; ma questo però può provare non didursi assai chiaramente dal passo d'Aristofane, che fosse conosciuta a que' tempi la rifrazione del lume nel vetro, per poterne formare da quello un convincente argomento. Del prodigioso effetto dello specchio, o degli specchj ustorj di riflessione d'Archimede s'è scritto tanto, che sarebbe ora affatto inutile il volerne istituire una nuova disquisizione. Noi, lasciando ad altri il disputare eruditamente su la possibilità e sul fatto, diremo soltanto al nostro proposito, che al tempo d'Archimede aveva già scritto Euclide la sua ottica, e la catottrica, onde dovevano aversi su queste materie assai più giuste notizie che a' tempi d'Aristofane, e di Platone; che lo stesso Archimede aveva particolarmente trattato degli specchj ustorj, ed egli non sapeva accostarsi ad alcuna materia senza profondarvisi intimamente; che di quel genio sublime e fecondo di portentose invenzioni niente ci dovrà parere incredibile; che se Proclo posteriormente potè operare un simil prodigio (*a*); se Antemio ne giunse a fare una piccola sperienza, e la fece realmente in guisa di riuscirvi felicemente; se Tzetze seppe descrivere lo specchio d'Archimede in quell'unico modo, in cui poteva operare tale effetto, non dèe fare maraviglia, che Archime-

Specchio ustorio d'Archimede.

(a) Zonaras *Annal.* tom. 1I.

de lo sapesse inventare; nè pare verisimile, che Antemio, e Tzetze, o altri greci potessero fingere tale invenzione, se non l'avessero prima ricevuta da Archimede; e conchiuderemo, che ad ogni modo sarà sempre vero, che i greci ebbero questa cognizione catottrica di produrre con molti specchj piani ad una lunga distanza un forte e gagliardo effetto, che ha fatto onore al Buffon, e ad altri sublimi ingegni de' secoli posteriori. Veramente, che gli antichi avessero molte cognizioni de' fenomeni diottrici, e catottrici, oltre l'or recate memorie, ne abbiamo la pruova in Seneca (*a*), il quale non solo parla di varj accidenti, che ne' diversi specchj, e ne' vetri vedevansi, ma fa l'osservazione generale, che le cose vedute pel mezzo dell'acqua e del vetro compariscono molto maggiori, e la prova con diverse sperienze (*b*); ma che avessero giuste teorie delle cagioni di tai fenomeni, questo nè in Seneca, nè in verun altro antico si conosce assai chiaramente. Seneca si riporta talor a' geometri come più esatti e precisi, e più convincenti nel loro ragionare: ma appunto de' geometri non ci rimangono in questa materia che pochi opuscoli sotto il nome d'Euclide, e d'Archimede, ma che al giudizio de' buoni critici non sono di tali autori, e certamente non ne sembrano degni. Più sarebbono da desiderarsi i libri d'ottica di Tolemmeo, che sono tutti periti, ma che possiamo credere contenessero utile e soda dottrina. Perciocchè da quel poco, che vediamo in Alhazen, Vitellione, e Ruggiero Bacone, conosceva egli chiaramente la rifrazione della luce, e qualche cagione di essa, la rifrazione astronomica, e l'illusione dell'occhio sul vero luogo delle stelle verso l'orizzonte, come pure la ragione della maggiore grandezza apparente degli astri all'orizzonte che al zenit.

Seneca.

Tolemmeo

(a) *Nat. quaest.* lib. I. (b) Ibid. c. vI.

Qualunque però sia stata la dottrina ottica di Tolemmeo, e de' greci, a che ci avrebbe servíto, se gli arabi, e i latini loro discepoli non ce l'avessero trasmessa? Smarriti sono i lor libri, nè altro ci rimane dell'ottica greca che i libri non assai fondatamente onorati co' rispettabili nomi d'Euclide, e d'Archimede, i quali poco o niente c'insegnano; e possiamo dire, che la scienza ottica, tuttochè coltivata da' greci, non incomincia per noi che dall'epoca degli arabi. Questi, seguaci sempre de' greci, spesso copisti, talor corruttori, e talor anche correttori, ed ampliatori, scrissero parecchie opere su l'ottica; e libri di prospettiva, e su gli specchj ustorj d'Alhassan, libri ottici d'Alkindi, problemi ottici di Zarkalli, e scritti, e trattati ottici, e catottrici di varj arabi si vedono citati nelle biblioteche orientali: ma solo Alhazen si è fatto conoscere pubblicamente dalla dotta posterità, e le sue opere sono state la scorta, che presero a seguire gli altri scrittori. La rifrazione astronomica conosciuta da' greci è stata da lui spiegata più chiaramente; anzi ha egli anche proposto un metodo di osservarla e determinarla assai giustamente col mezzo dello stromento astronomico delle armille (*a*). Dalla dottrina di Tolemmeo, e d'Alhazen formò le sua ottica Vitellione, più profondo geometra, che non fosse da sperarsi in quell'età; e la medesima diresse ne' suoi ottici paradossi il famoso Ruggiero Bacone, genio superiore al suo secolo, che fra i pregiudizj e gli errori allor dominanti seppe travedere molte utili verità. La teoría della rifrazione della luce da lui conosciuta per le opere di Tolemmeo e d'Alhazen, la notizia de' varj fenomeni sì della rifrazione, che della riflessione, e de' maravigliosi effetti pel loro mezzo prodotti già

Arabi scrittori d'ottica.

Alhazen.

Vitellione.

Ruggiero Bacone.

(a) Lib. VII, t. IV.

dagli antichi, il vivace suo ingegno, e la calda immaginazione gli paravano innanzi mille nuovi portenti degli specchj e de' vetri, alcuni possibili, ed altri no, ed egli poi gli spacciava con franchezza, e senza riserva, e prorompeva in espressioni, e promesse (*a*), che l'hanno fatto riconoscere da alcuni per l'inventore degli occhiali, e de' telescopj. Veramente ciò ch'egli dice su' vetri convessi e concavi, e su l'aggrandimento degli oggetti prodotto per essi nella vista, tuttochè fondato su una dottrina non sempre vera, poteva nondimeno bastare per fabbricare gli occhiali; ma dalla stessa sua dottrina si ricava assai chiaramente, che egli non conosceva per esperienza tali effetti de' vetri, e parlava solo per pura teoría, e talor anche per vana immaginazione. Pe' telescopj poi sono sì false alcune sue asserzioni, ed altre, quantunque vere, sì vaghe, ed inesatte, che mostrano evidentemente quanto fosse egli ancora lontano non solo dall'esecuzione, ma dalla vera idea di tali stromenti, e della loro costruzione. Lasciamo dunque al Bacone la gloria d'un alto ingegno, e di una vastità di cognizioni molto superiore al suo secolo, ma non vogliamo profondergli troppo largamente l'onore d'autore, e padre di queste invenzioni. Gli occhiali in verità furono a que' tempi scoperti, cioè verso la fine del secolo decimoterzo tra 1280 e 1300; poichè fra Giordano di Rivalto in una predica nel 1305 diceva „ non è ancor vent'anni, che „ si trovò l'arte di far gli occhiali „; ed il Redi cita un codice della sua biblioteca, dove nel 1299 scrivevasi „ mi tro„ vo sì gravoso d'anni, che non avrei valenza di leggere, e „ scrivere senza vetri chiamati occhiali, trovati novellamen„ te „; e un altro codice della biblioteca di santa Caterina

Invenzione degli occhiali.

(*a*) *Perspect.* part. III, dist. II ec., et alibi.

di Pisa, dove leggevasi di frate Alessandro di Spina morto nel 1313: *Ocularia ab aliquo primo facta, et communicare nolente, ipse fecit, et communicavit:* e benchè non ci sia incontrastabilmente palese chi ne fosse il primo inventore, è però molto probabile, che sia stato un *Salvino d'Armato degli Armati di Firenze,* il quale veniva lodato in una sepolcrale iscrizione, che or più non esiste, come *inventor degli occhiali,* o almen qualch'altro toscano *(a)*. Ma quest'invenzione, benchè molto utile alla società, e degna della nostra riconoscenza, non era che una meccanica applicazione della teoría, allora già assai conosciuta, e comune, della rifrazione della luce per mezzo al cristallo, niente però accresceva i lumi della diottrica, nè produsse all'ottica scienza alcun riguardevole avanzamento. Alla fine soltanto del secolo decimosesto s'incominciò a recarle qualche miglioramento, e poi nel passato si vide sorgere per essa una nuova epoca, o, per dir meglio, nel passato secolo si formò l'ottica, quale non era ancora, una vera ed esatta scienza.

Per quanto studio si fosse fatto da' greci, dagli arabi, e da' latini su la maniera di formarsi ne' nostri occhi la visione, non si avevano ancora che storte ed erronee idee; il Maurolico diretto dalle sue geometriche speculazioni *(b)*, ed il Porta coll'invenzione della sua camera oscura, e col suo vivace ingegno *(c)* furono i primi a darle assai vere e giuste, benchè non le conducessero neppur essi alla dovuta esattezza e perfezione; e seppero spiegare alcuni fenomeni ottici, ch'erano stati inintelligibili agli anteriori geometri, e fisici. L'arco-baleno aveva occupato per molti secoli lo studio de' fisici, e de' geometri; ma come tutti volevano derivarlo uni-

Maurolico.

Porta.

(a) V. Manni *De Florent. inventis* cap. xxv.; Smith *Cours d'opt.* l. I, c. III, not. 42.

(b) *Photismi de lumine et umbra* ec. (c) *Magiae natur.* lib. XVII.

camente dalla riflessione, non potevano darne che spiegazioni lontane dalla verità. Un fisico tedesco Fletcher cercò di aggiungere alla riflessione la doppia rifrazione, ma non seppe farne la giusta applicazione; e toccò la gloria di questa ad Antonio de' Dominis, che ad essa soltanto dèe la celebrità, che conserva nella storia delle scienze, benchè la sua spiegazione abbia abbisognato di nuovi lumi recati posteriormente dal Cartesio, e dal Newton. La prospettiva era stata trattata dagli antichi fino da Democrito, e da Anassagora, e da' moderni Pietro della Francesca, e Alberto Durer, Peruzzi, Barocci, ed altri, e sopra tutti singolarmente dall'erudito Daniele Barbaro: ma questi non la trattarono che per la pratica; e il ridurla a principj certi, a rigorose dimostrazioni, ed a geometriche teoríe, e formarne una scienza esatta, fu merito unicamente del dotto geometra Guidobaldo. Dopo questi ed altri scrittori di ottica comparve a suo illustramento il Keplero, e trattolla da genio vasto e profondo, quale egli era, e colla piena ed esatta spiegazione della vera maniera onde formasi la visione, e de' fenomeni fisici, ed astronomici non intesi dagli altri, e d'altri nuovamente da lui osservati, co' tentativi ingegnosi per dare una giusta legge della rifrazione della luce, e con altre utili scoperte le recò egli solo maggiore vantaggio che tutti insieme i precedenti scrittori (a). Pure con tutte le scoperte, e con tutti i lumi del Keplero, e degli altri geometri e fisici riceveva bensì l'ottica maggiore lustro e splendore, ma restava nell' antico suo stato, non prendeva ancora un nuovo essere, non trasformavasi in una scienza, che si potesse dir nuova. Questo sì notabile cambiamento, questa gloriosa trasformazione non venne all'ottica che coll'invenzione de' telescopj.

Antonio de Dominis.

Guidobaldo.

Keplero.

(a) *Paralip. in Vitellionem* ec.

Invenzione de' telescopj.

Egli è realmente obbrobrioso alla storia, e alle scienze, che gl'inventori delle più utili ed interessanti scoperte restino comunemente sconosciuti ed oscuri, privi di quella gloria e chiarezza di nome, che si accorda prodigamente a tant'altri poco benemeriti, talor anche nocevoli all'umanità. Per quanti discorsi, e argomenti vogliamo ricavare dalle memorie lasciateci dal Borel *(a)*, dall'Ugenio *(b)*, e da altri, non potremo venire in chiaro del vero nome del primo inventore de' telescopj *(c)*. Ma sia Giacomo Mezio, o Zaccaría Jans, ovvero Giovanni Lapprey, o qualunque altro siasi, la sua scoperta non fu dovuta che al caso, nè servirono i primi telescopj olandesi che per mero trastullo, e divertimento. La gloria di ritrovare per giusta teoría la costruzione di tali stromenti, d'applicarli alle osservazioni celesti, e di renderli sommamente utili all'astronomía, fu tutta del Galileo. Questi, udita appena la notizia di tale invenzione, cominciò a riflettere, che la superficie concava de' vetri diminuisce gli oggetti; la convessa gli accresce, ma li mostra assai indistinti, ed abbagliati; la piana punto non gli altera; e conchiuse, che l'accoppiamento del vetro concavo col convesso doveva dargli l'intento. Fece dunque la pruova, e con un tubo di due vetri, l'obbiettivo convesso, e concavo l'oculare, trovò ingrandirsi straordinariamente gli oggetti, e incoraggito dalla felice riuscita seguitò a migliorare i cannocchiali, e dagli oggetti terrestri passò ad applicarli a' celesti, e rese così fecondo d'astronomiche e fisiche scoperte quello stromento, che sarebbe rimasto sterile nelle mani dell'artefice olandese, e possiam dire, che quante diottriche novità si sono poi ritrovate, più deonsi al raziocinio del Galileo, che al-

Galileo.

(a) *De vero telescopii inventore*. (b) *Dioptric.*

(c) V. Montucla *Hist. des Math.* part. IV, lib. III.

la sorte del primo inventore. Nuovi cieli si svelarono tosto alla vista degli osservatori, e i miracoli del nuovo occhiale erano l'oggetto dell'attenzione, e della curiosità di tutta l'Europa. Il Keplero col solito suo entusiasmo chiamava Ercole il Galileo, e il telescopio la clava, e alla passione e al trasporto, con cui riguardava questo stromento, dobbiamo i bellissimi lumi, che ci diede nella sua dotta opera della diottrica. Su questa tentò di nuovo il Keplero di fissare la giusta legge della rifrazione, che non aveva potuto determinare precisamente nella prima sua opera ottica de' *Paralipomeni a Vitellione*; e se non giunse a stabilirla con geometrico rigore, prese colla sperienza una determinazione congetturale, che trovò sempre conforme a' fatti, e coerente alla verità. Esaminò le proprietà de' vetri lenticolari, determinò esattamente il foco de' piano-convessi, e di que' che da' due lati sono ugualmente convessi, contentandosi d'un'approssimazione pe' disugualmente convessi, ed applicò a' concavi la stessa misura, ma dall'opposto lato. Quindi ritrovò senza difficoltà il cambiamento, che un vetro convesso opera nella direzione de' raggi, che vengono da punti diversi, e mostrò in quale caso dovranno divenire convergenti, in quale divergenti. Esaminò l'immagine degli oggetti, che si forma per mezzo de' vetri convessi, e ne spiegò il necessario rovesciamento; stabilì la grandezza dell'immagine, che alla diversa distanza del vetro dal luogo dell'oggetto, e da quel dell'immagine sarà conveniente; e diede geometricamente tutta la teoría de' telescopj. Questo profondo esame gli fece vedere, che due vetri convessi darebbero ancora maggiore ingrandimento degli oggetti che uno convesso, e l'altro concavo, ma che presenterebbero l'immagine rovesciata. Questa scoperta rimase sterile nelle mani del Keplero, nè allor si conobbe altro telescopio

Keplero.

che il *batavico*, o *galileano* d'un obbiettivo convesso, ed un oculare concavo; ma poco di poi lo Scheinero mise in opera felicemente questa cognizione, e fece telescopj, che or chiamansi *astronomici* di due lenti convesse, che davano molto maggiore ingrandimento e chiarezza; e perchè in essi gli oggetti presentansi rovesciati, osserva egli, che tale rovesciamento niente pregiudica alla visuale configurazione delle stelle, essendo queste rotonde; e per gli oggetti terrestri trovò la maniera di farli con un pezzo di carta vedere raddrizzati; e dice, che in quella guisa era egli solito di far vedere a molti le macchie, e le facule del Sole, e in quella stessa più di tredici anni prima aveva fatto vedere varj oggetti all'arciduca d'Austria Massimiliano. Colla stessa arte, soggiunge, è nato il microscopio, il quale maravigliosamente ingrandisce gli oggetti, che per la loro picciolezza sfuggon la nostra vista, e conchiude, che con tre lenti convesse si presenterà l'oggetto ingrandito, ed anche diritto. Tutto questo dice lo Scheinero nella sua *Rosa Ursina* (*a*); ed essendosi incominciata la stampa di quel libro nel 1626, benchè finita soltanto nel 1630, prova, che almeno fino dall'anno 1613, cioè quando ne fece uso coll'arciduca Massimiliano, adoperava già lo Scheinero i telescopj detti *astronomici* di due lenti convesse, e che non molto di poi si conobbero anche que' di tre vetri convessi, e che è privo di fondamento il volerne attribuire al cappuccino Reita l'invenzione, al quale forse saranno dovuti i telescopj di un obbiettivo, e di tre oculari tutti convessi, ch'egli prima d'ogni altro descrive (*b*), quando non vogliano attribuirsi al Campani, ed i binocoli, ne' quali per due tubi diversi si guarda co' due occhi lo stesso oggetto,

Scheinero.

(a) Lib. II, cap. XXX. (b) V. *Oculus Enoch et Eliae* ec.

quando anche di questi non vogliasi riconoscere l'origine dal celatone inventato dal Galileo per osservare in mare le stelle. L'invenzione de' microscopj composti di due vetri convessi si vede anche dal citato passo dello Scheinero essere nata a que' tempi, e non ebbe questo presente il Montucla (*a*), quando asserì non avere noi vestigio di microscopio composto di due vetri convessi che solo nel 1646 in un'opera del Fontana, il quale volle attribuirsene l'invenzione (*b*). Il Viviani (*c*) dà al Galileo la lode dell'invenzione del microscopio di una, e di due lenti, e dice, che fino dal 1612 ne inviò uno in dono al re di Polonia. Bisogna dir nondimeno, che quell'invenzione fosse allora molto imperfetta, perchè ancor nel 1624 mandandone uno il Galileo al principe Cesi, gli scrive „ ho tardato a mandarlo, perchè non l'ho prima „ ridotto a perfezione, avendo avuto difficoltà in trovare il „ modo di lavorare i cristalli perfettamente „. Questo microscopio da quel poco ch'ei ne descrive, non fu che semplice, formato soltanto d'una picciola sfera, o lente di vetro, e prese sbaglio il per altro accurato Montucla quando disse non essersi fatti questi di picciolissime lenti che verso la metà del passato secolo. Il Viviani (*d*) dice, che il Galileo inventò, ed anche lavorò microscopj di una, e di due lenti; ma non per questo si dovrà credere, che inventasse il microscopio composto di due vetri convessi, perchè egli non conobbe altra combinazione di vetri per ingrandire otticamente gli oggetti che d'uno convesso, e l'altro concavo, com'egli stesso lo dice nel *Saggiatore*, e come gli rimprovera lo Scheinero (*e*). Forse l'invenzione di questi microscopj di due vetri convessi sarà stata opera del Drebbel, al quale si dà co-

Invenzione de' microscopj.

(a) Part. IV, lib. III. (b) *Novae terr. et caelest. obs. Neapoli* 1646.

(c) *De locis solidis Aristei* ec. *Inscriptiones* ec. (d) L. c. (e) L. c.

munemente, non so il perchè, la lode d'inventore de' microscopj: ma prima del 1621, in cui vuole l'Ugenio (*a*), seguíto dallo Smith (*b*), che fabbricasse egli in Londra tali stromenti, cita già il Viviani quelli del Galileo, ed osserva altronde il Montucla, che dalla stessa lettera del Borel, onde si prende questa notizia del microscopio del Drebbel, si rileva altresì, che il microscopio usato da questo in Londra non era fatto che da Zaccaría Jans (*c*). Diamo dunque al Galileo la gloria della prima invenzione de' microscopj, o lasciamo quest'invenzione ugualmente sconosciuta ed oscura che quella de' telescopj. Ma è ben da far maraviglia, che mentre in tante guise si lavorava da molti al miglioramento de' cannocchiali, scrivesse ancora il Cartesio, che quanti se n'avevano al suo tempo, tutti erano soltanto sul modello dell'olandese. Con più verità potè dire il medesimo Cartesio, che di quanti avevano trattate quelle materie, nessuno aveva bastantemente dimostrato quale figura esigessero tali vetri (*d*); e a questa curiosa, ed utile sua ricerca dobbiamo la dotta ed interessantissima opera, che ce ne diede alla luce, e il nuovo aspetto, che prese allor questa scienza.

Cartesio.

Quante nuove e belle dottrine non ci presenta nella sua diottrica quel sublime e fecondo ingegno! La natura del lume sposta se non con tutta l'esattezza della verità, con chiarezza almeno, e giustezza di filosofici ragionamenti, la costruzione dell'organo della vista, e tutto il meccanismo della visione illustrata con quella pienezza e perfezione, che non le aveva potuto dare il Keplero; la legge della rifrazione della luce data da questo soltanto per approssimazione, fissata poi con precisione dallo Snellio, trovata per una via di-

(a) *Dioptr.* ec. (b) *Cours d'Opt. remar.* l. I, c. IV.
(c) *Hist. des Math.* l. c. (d) *Dioptr.* c. I.

versa, ampliata con maggior distinzione, e da lui prima di ogni altro assai chiaramente spiegata; la figura de' vetri più propria per unire in un punto più raggi paralleli all'asse creduta per congettura dal Keplero una sezione conica, dimostrata da lui realmente un'ellisse, ed un'iperbole; la geometría arricchita d'una nuova spezie di curve da noi sopra accennate, dette *ovali di Cartesio*; spiegate varie condizioni dell' arco-baleno non toccate dal primo suo spiegatore Antonio de Dominis; e molt'altre utilissime cognizioni furono il frutto della *diottrica* del Cartesio, uno de' libri più pieni e più ricchi di scoperte, e di verità, che siano usciti dalle dotte sue mani. La spiegazione della rifrazione eccitò a Cartesio molti oppositori, fra' quali il celebre Fermat l'attaccò con maggiore ardore, e non solo con lui vivente, ma ancor dopo la sua morte ebbe a contendere co' suoi partigiani. La spiegazione del Cartesio era assai vera nel fondo, ma sposta in guisa da soggiacere a molte difficoltà; e le opposizioni, che gli mossero contro que' grand'uomini, e le risposte date da lui, e da' suoi seguaci servirono grandemente ad illustrare la diottrica, e rischiarare alquanto quella materia, che ancora dopo le spiegazioni del Gregori, dell'Ugenio, dello stesso Newton, e di molt'altri non lascia abbastanza paga, e contenta la mente critica de' filosofi. La dottrina diottrica di Cartesio recò molto lume alla teorica; ma non produsse alla pratica quel notabile miglioramento, ch'egli con qualche ragione si era lusingato di dovervi operare. Per unire in un punto più raggi, e schivare quel difetto, che chiamasi l'*aberrazione di sfericità*, pensò giustamente il Cartesio di sostituire alle lenti sferiche l'ellittiche od iperboliche: ma la difficoltà di lavorare i vetri in tali figure, più che alcune ragioni contrarie a queste figure, non lasciò ridurre a pratica gli ammaestramen-

ti del Cartesio, e i vetri seguitarono a lavorarsi come prima in porzioni di sfera senza cercare altre figure. Non fu più fortunato nel suo tentativo il Gregori; ma giovò nondimeno assai più alla pratica di quell'arte per l'eccitamento, che diede ad una nuova sorta di telescopj. Sono degne della riconoscenza degli ottici, e de' geometri le nuove verità non osservate da altri, che scoprì egli per dare a' vetri lavorati maggiore chiarezza, distinzione, ed ingrandimento; ma il principale suo merito fu l'invenzione de' telescopj di riflessione, benchè non gliene riuscisse l'esecuzione con troppa felicità (*a*). Oltre l'imperfezione de' cannocchiali di lenti sferiche, che pretese di correggere il Cartesio, osservò il Gregori un' incurvazione dell'immagine, che cercò di levare. Trovò in oltre, che i vetri iperbolici riceverebbero bensì molto lume, onde ingrandire di più gli oggetti, ma sarebbero troppo spessi, e non l'avrebbon trasmesso tutto. Per ovviare a tutti questi inconvenienti pensò prima a' vetri ellittici e parabolici; ma la difficoltà di lavorare tali vetri lo fece rivolgere agli specchj di riflessione. Propose pertanto d'applicare due specchj concavi, parabolico l'uno, e l'altro ellittico, che credeva sarebbero stati più facili di lavorarsi che i vetri, e che avrebbono tolta l'*incurvazione* dell'immagine, e gli altri difetti de' vetri sferici. Ma vane furono le sue lusinghe: gli specchj non si mostrarono più docili de' vetri nell'arrendersi a prendere quelle figure, nè i telescopj di riflessione ebbero dalle mani del Gregori il desiderato riuscimento. Questa lode, come molte altre, era riservata al gran Newton; e l'ottica, come quasi tutte le scienze sublimi, attendeva da lui la sua perfezione. I vantaggi, che ognor più si trovavano de' telescopj, e de'

Gregori.

Telescopj gregoriani.

(a) *Optica promota*.

microscopj impegnavano l'attenzione de' fisici, e de' geometri per cercare all'ottica maggiori lumi, sì pratici, che teorici. Il miglioramento de' vetri pel cambiamento della figura in ellittica, od iperbolica non era sperabile di ottenersi: la lunghezza del foco de' medesimi poteva arrecare altri vantaggi, doveva dare più lume, soffriva oculari più forti, ed ingrandiva di più gli oggetti. Studiavansi pertanto gli ottici di accrescere sempre più la lunghezza del foco, e di lavorare lunghissimi telescopj. Il primo a distinguersi in questa parte fu il Divini, il quale però restò vinto in breve dal Campani, i cui lunghissimi cannocchiali ottennero l'onore di servire al Cassini nelle sue grandi scoperte, ed hanno conservato anche posteriormente maggiore riputazione presso gli astronomi. Altri ajuti, e maggiori vantaggi ricevè l'ottica dal dottissimo geometra, e sublime meccanico Ugenio. Le profonde speculazioni, che fece questo grand'uomo su la natura, e su la rifrazione della luce, su l'organo della vista, su la formazione della visione, su la politura de' vetri, su la costruzione de' cannocchiali produssero le diverse opere, ch'egli lasciò su queste materie, e che hanno molto servíto per accrescere i lumi di tutta l'ottica, e particolarmente della diottrica (*a*). Ma forse più che colle opere, e più che colle teorie giovò egli a questa scienza colla sua pratica, e collo stromento, che regalò all'astronomía, quale non ancora l'aveva avuto, d'un nuovo e particolar telescopio, e d'un mezzo di maneggiarlo con sicurezza, e facilità. I telescopj diottrici dopo l'introduzione de' catottrici sono molto caduti di prezzo: amasi la picciolezza, e la comodità di questi, e si rende quasi insopportabile la lunghezza, e la difficoltà de-

Divini, e Campani.

Ugenio.

(a) *De lum. Dioptr. Var. de Opt.*

gl'immensi tubi diottrici. Pur come questi hanno sopra i catottrici il vantaggio di ricevere il micrometro, e dare così maggiore esattezza alle osservazioni, seguitarono ancora gli astronomi ad usarli, e gli ottici a procurare il loro ingrandimento e miglioramento; ed Auzout, Hook, Hartzoecker, e parecchj altri ne diedero altri, o maggiori, o più facili a maneggiarsi, o che compensassero la mancanza di maggiore ingrandimento co' pregi di maggiore chiarezza e distinzione.

Hook.

L'Hook in oltre si fece un merito particolare in quest'arte col pensiero d'unire al vetro un liquido meno rifrattivo *(a)*, il quale se restò allora inutile pel suo intento, ha poi felicemente servito ad altre invenzioni ottiche. I microscopj seguirono anch'essi quasi gl'istessi passi de' telescopj. Noi abbiamo detto di sopra, che dopo il principio del passato secolo il Galileo, il Drebbel, ed altri usarono de' microscopj semplici e composti; ma realmente la finezza e perfezione del lavoro degli uni e degli altri non fu conosciuta che posteriormente. Alle picciole lenti di cortissimo foco difficilissime a lavorare si sostituirono piccioli globetti fusi alla fiamma; e Butterfield, Hook, Gray, e parecchj altri ne lavorarono in guise diverse. Il Gray in oltre introdusse una sottilissima goccia d'acqua a fare le veci di vetro finissimo, e formò due sorti diverse di microscopj d'acqua. Altra maniera di microscopj inventò il Wilson, altra il Marsham, e così molt'altri, che possono vedersi descritte nello Smith *(b)*. Celebri sono i portenti de' picciolissimi animaluzzi osservati con essi dal Leeuwenhoek, dall'Hartzoecker, dal Gray, e da altri, che noi non possiamo qui riferire, ma che provano abbastanza quanto si fosse avanzata a que' tempi la costruzione de' mi-

Miglioramenti de' microscopj.

(a) *Transact. philos.* 1666. (b) *Cours de Opt.* lib. III, c. XVIII.

croscopj. Nè minori progressi faceva l'ottica nella parte teorica, e nell'acquisto di nuove ed utili cognizioni. Gli ottici non conoscevano nella luce che due deviazioui, o cambiamenti di direzione, cioè la riflessione al giungere a' corpi opachi, e la rifrazione al passar pe' diafani, o per mezzi di spezie diversa. Due altre ne scoprì il Grimaldi: la dispersione de' fili luminosi d'un raggio solare, e la detta da lui *distrazione*, e dal Newton poi *inflessione*, quando la luce passando liberamente per l'aria s'accosta vicinissima ad un corpo senz'arrivare a toccarlo, e declina dal diritto suo corso piegandosi verso quel corpo. E queste due scoperte aprirono agli ottici la via di molte nuove ed utili speculazioni (*a*). Il Cavalieri esaminando gli specchj ustorj trovò varie proprietà delle diverse figure coniche applicabili a tali specchj; e definì in oltre il foco de' vetri disugualmente convessi, che il Keplero non seppe determinare (*b*). Il Barrow, più profondo geometra, portò più avanti la teoria de' fochi de' vetri diversi, e della combinazione diversa di convessità, e concavità differenti; diede nuovi principj per determinare il luogo apparente degli oggetti veduti per riflessione, o per rifrazione, ed illustrò con nuove teorie, e con nuovi lumi molti punti dell'ottica curiosi ed interessanti (*c*).

Grimaldi.

Cavalieri.

Barrow.

Così i più dotti geometri impiegavano le loro meditazioni nella cultura dell'ottica; così i più valenti artefici si studiavano di recarle qualche miglioramento; così in varie guise illustravasi quella scienza, e preparavasi a ricevere la nuova forma, che le doveva apportare il Newton. La luce presentatasi agli occhi di tutti, e da nessuno veduta, si lasciò non solo vedere, ma toccare, e maneggiare dal Newton: a

Newton.

(a) *De lumine, coloribus, et iride*. (b) *Exercitat.* ec. (c) *Lect. opt.*

lui svelò volentieri la sua natura, e parve, che si compiacesse di vedersi contemplare nelle più minute sue parti da' fissi sguardi di quel genio sovrano. Non dirò le sagaci sperienze, le attente osservazioni, le finissime diligenze usate dal Newton per penetrare ne' più intimi suoi seni, e vederla ne' suoi impercettibili atteggiamenti. Allor finalmente si scoprì la luce un corpo come gli altri, agilissimo bensì, e quasi d'infinita velocità, ma che impiega pur qualche tempo nel suo moto: si vide come si slancia dal corpo luminoso; trapassa i corpi diafani, e sente l'attrazione delle lor particelle, declinando più, o meno dalla sua direzione secondo la varia densità di que' mezzi; passa vicina ad altri corpi, e si difrange, o si piega attratta verso di loro; urta ne' corpi opachi, e mostra la sua elasticità nella pronta e regolare riflessione; e s'assoggetta insomma alle leggi tutte del moto de' corpi. Allora parimenti comparve la luce sottilissima sì, ma pur composta di particelle eterogenee, e sottomise nelle mani del Newton ad una rigorosissima dissezione, mostrò i suoi raggi composti di sette raggetti primigenj, ed inalterabili, tutti fra lor differenti, di massa o densità diversa, diverso colore, e diversa rifrangibilità, e fece così vedere i germi stessi de' colori, i fenomeni diversi de' corpi colorati, la cagione producitrice dell'arco-baleno, gli accidenti delle immagini degli oggetti presentateci per mezzo de' vetri, e mille oscurissimi arcani della natura, e dell'arte (*a*). Meccanica della luce, anatomía della luce, fenomeni grandi, dettaglj insensibili agli altri occhi, vaste osservazioni, minute sperienze, tutto ciò che è verità, tutto è fatto pel Newton, il dio della luce, il vero Apollo della Filosofia. La decomposizione della luce,

Telescopj newtoniani.

(a) *Neutoni Opt.*, *Lect. opt.*

l'osservazione della costante e perpetua diversità di rifrazione ne' raggi diversi, l'esame dell'inalterabile loro rifrangibilità gli fecero riflettere, che il maggiore difetto de' telescopj diottrici consisteva nell'iride, che formano i vetri, derivata dalla diversa rifrazione; diverse sperienze riuscite con poca felicità l'indussero a credere, che non vi fosse rimedio per questo male; e il suo genio fecondo di opportune risorse gli suggerì il mezzo d'ottenere gli stessi effetti di moltiplicazione de' raggi di luce, e d'ingrandimento degli oggetti senza esporsi agl'inconvenienti della rifrazione de' vetri. A' telescopj diottrici sostituì i cattotrici; in vece de' vetri, che rifrangono il lume, che rompono i suoi raggi, e separano i suoi colori, adoperò specchj, che lo riflettono, e rimandano i raggi senza scomporli, senza presentare distintamente colori diversi, senza produrre confusione. Chiuse una estremità del tubo, e vi collocò uno specchio concavo, che riceveva gli oggetti per l'altra estremità aperta, e ne mandava l'immagine ad uno specchietto piano, e inclinato posto avanti il punto del foco, che la rimandava ad un picciolo foro nel lato del tubo, dove l'occhio la riceveva per mezzo d'una oculare. Non più iride, non più colori, non più confusione; in picciolo tubo, e facile a maneggiarsi s'ingrandisce l'oggetto quanto negl'immensi ed intrattabili tubi diottrici. Furono pertanto i telescopj newtoniani ricevuti dagli astronomi con curiosa avidità, e con piena soddisfazione. La dottrina del Newton dell' emissione della luce, e dell'immutabilità de' sette colori ha avuto, ed ha anche presentemente di tanto in tanto i suoi oppositori; ma ha sempre parimente trovati più e maggiori difensori, ed illustratori, e si può dire, che ha sempre trionfato de' suoi avversarj, e regna tranquilla e gloriosa nella filosofia. L'invenzione de' telescopj catottrici gli è stata con-

Pretensioni di varj all'invenzione de' telescopj catottrici.

trastata da molti: alcuni italiani ne hanno voluto dare la gloria ad un P. Zucchi, autore d'un'ottica, e d'altre opere matematiche or poco conosciute; molti francesi al Mersenno, il quale ne propose uno al Cartesio, e questi lo rifiutò (*a*). L'inglese Gregori ha realmente più diritto di tutti gli altri alla gloria dell'invenzione. Fu suo il pensiero di applicare a' cannocchiali gli specchj in vece de' vetri, credendoli più facili da lavorarsi in figura ellittica, e parabolica, che avrebbe corretti i difetti de' vetri sferici, ed anche della troppo grossezza degl'iperbolici, se mai si fosse riuscito nel lavorarli. Ma a che servono i pensieri quando non possono ridursi ad esecuzione? Le idee del Gregori rimasero senza effetto. Solo il Newton ebbe l'accortezza di riflettere, che i difetti d'aberrazione, e d'incurvazione restavano quasi insensibili in picciole porzioni di sfera, quali sono i vetri de' telescopj, e che il difetto principale di questi non è che la rifrazione diversa de' raggi della luce, la quale sarebbesi ugualmente tolta cogli specchj sferici, che con que' di qualunque altra figura conica. La semplicità e verità de' pensieri, e la facilità d'eseguirli è l'opera del genio; e se noi abbiamo telescopj di riflessione sì utili all'astronomía, e alla fisica, non li dobbiamo che al Newton, il quale prese l'idea della loro utilità pel vero suo aspetto, e ne diede l'esecuzione. Al pubblicarsi nell'Inghilterra l'invenzione del Newton (*b*) volle tosto il Cassegrain nella Francia riclamarne l'anteriorità (*c*), e propose il suo telescopio catottrico, nel quale lo specchio del fondo, che il Gregori voleva concavo, doveva essere convesso. Varj furono su questi punti i dibattimenti (*d*); ma il telescopio del Cassegrain non fu mai ridotto ad esecuzione,

(a) Cart. epist. XXIX e XXXII, part. II. (b) *Transact. philos. an.* 1672.
(c) *Journ. des Savans* 1672. (d) V. Newton *Opusc.* tom. II.

e rimase soltanto stimato, e trionfante quello del Newton. Questo stesso per lungo tempo non venne molto adoperato, finchè in questo secolo Giovanni Hadley si prese a lavorarne alcuni, e diede loro universale celebrità. Il medesimo giunse poi anche a formarne de' gregoriani. Il Short ne lavorò altri ancor più perfetti; il Molineux, ed altri parecchj cercarono di dare maggiori comodi, e maggior perfezione a' telescopj, ed a' microscopj di riflessione, e venne ognora più la catottrica guadagnando maggiori lumi, ed acquistando miglioramenti.

Specchj ustorj.

Per altra via s'arricchiva questa di nuove cognizioni, e si rendeva più utile allo scoprimento della natura, ed a' lavori dell'arti. Gli specchj ustorj adoperati già dagli antichi furono dal Magini professore di Bologna portati a gran perfezione; e vuolsi, che questi eccitassero il Cavalieri a darci le belle teoríe su' fochi delle diverse loro figure, che leggiamo nella sua opera su questa materia *(a)*. Il Settala li lavorò ancor più perfetti; e poi il Villette superò il Settala, e quanti l'avevano preceduto. Ma tutti doverono ceder la mano al celebre specchio ustorio dello Tschirnausen, del quale si vedevano effetti sì straordinarj, che movevano la maraviglia di tutta l'Europa *(b)*. Maggiori eziandío furono i portenti, che operò lo Tschirnausen nella diottrica. Le famose sue *caustiche*, delle quali abbiamo altrove parlato, sono frutto delle attente meditazioni, che fece su la riflessione, e su la rifrazione del lume. Queste lo portarono a desiderare vetri convessi più grandi, e più perfetti, i quali esposti al sole fossero nuovi fornelli, che dessero una nuova chimica; ed egli ne lavorò sì grandi, e sì attivi, che il Fontenelle li chiamò novità quasi

Tschirnausen.

(a) *De speculis ustoriis*. (b) *Act. Lips. 1687, 1692*.

miracolose di diottrica e di fisica, ed enimmi per gli artefici più intendenti (*a*). In questo secolo gli specchj ustorj, e la dottrina della riflessione del lume ha ricevuti ancora nuovi vantaggi. I famosi specchj d'Archimede, che avevano un foco sì lontano da poter abbruciare le navi romane, erano stati creduti da tutta l'antichità: ma Cartesio, ed altri moderni negarono apertamente il fatto per non saperne concepire la possibilità. Il Kircher fu il primo, che riflettendo su la descrizione di tale fatto dataci da Tzetze, volle colla prova verificare la possibilità, e gli riuscì di produrre ad una distanza maggiore della solita un assai forte calore (*b*). Ma il Buffon portò più oltre la pruova, e rese molto più utili le sue sperienze (*c*). Egli mostrò quanto sieno più opportuni per la riflessione i vetri stagnati, che gli specchj metallici per quanto sieno politi; egli fissò quanta sia la forza, che perde il lume riflesso paragonato al diretto; egli immaginò una combinazione di specchj piani, che porta il foco all'alto, al basso, dove si voglia, ciò che riesce molto comodo e vantaggioso per parecchie fisiche e chimiche sperienze. Questa artifiziosa collocazione di diversi specchj piani gli diede anche il bramato intento di portare il foco di tutti ad una lunga distanza, ed abbruciare un corpo 150 piedi lontano, e di far vedere praticamente, che potea realmente Archimede operare dalla città nel porto di Siracusa il descritto effetto dell'incendio delle navi. Altre scoperte fece il Buffon, altre il Cassini, altre il Courtivron, ed altre parecchj altri (*d*): ma noi non possiamo seguire minutamente ogni cosa, e veniamo al più interessante ritrovato diottrico di questo secolo, che è quello de' telescopj acromatici tanto famosi.

Buffon.

(a) *Eloge de Monsieur Tschirnausen*. (b) *Ars magna lucis et umbrae*.
(c) *Acad. des Sc.* 1747. (d) *Acad. des Sc.* 1748 ec.

Dall'Eulero prende l'origine quest'utile e gloriosa scoperta. L'Eulero può in qualche modo chiamarsi il secondo Newton, che ha formata una nuova epoca in ogni classe delle matematiche. Alcune sperienze indussero il Newton ad asserire, che solo „ se i raggi emergenti saranno paralleli agl'in„ cidenti, potrà aversi il lume bianco, e che se gli emer„ genti saranno obbliqui agl'incidenti, il lume vi prenderà „ sempre varj colori *(a)* „; e quindi, sebbene ebbe qualche pensiero, che oggettivi composti di due vetri, il cui spazio intermezzo fosse pieno d'acqua, potessero correggere l'aberrazione della sfericità, non pensò mai nondimeno, che potesse servire questo mezzo per levare, o diminuire la dispersione de' raggi, o l'aberrazione, che dicesi della rifrangibilità. L'Eulero colse opportunamente tale idea; parvegli molto probabile „ che una certa combinazione di differenti corpi trasparen„ ti potesse essere capace di rimediare a questo difetto, e che „ ne' nostri occhi si trovino i differenti umori disposti in mo„ do, che non ne risulti alcuna diffusione nel foco „. Diretto da queste riflessioni cominciò a cercare le dimensioni degli oggettivi formati di vetro, e d'acqua da poter imitare la combinazione, che si fa nell'occhio naturalmente *(b)*. S'oppose il Dollond a' calcoli dell'Eulero, ed appoggiato alle leggi della rifrazione e della dispersione del Newton, conchiuse, che nel caso dell'Eulero la riunione de' raggi di differenti colori non poteva formarsi che ad una distanza infinita *(c)*. Cadde adunque il progetto dell'Eulero, e il nome del Newton, tanto benemerito dell'ottica, fu questa volta pregiudiziale al suo maggiore avanzamento. Allora il Klingenstierna si fece coraggio, senza lasciarsi sgomentare dalla contraria au-

Telescopj acromatici. Eulero.

Dollond.

Klingenstierna.

(a) *Opt.* part. II, lib. I, prop. 3. (b) *Acad. de Berlin* 1747.

(c) *Transact. philosoph.* 1753.

torità del rispettabile Newton; ardì attaccare la sua sperienza, a cui si appoggiava il Dollond; e provò, che la legge newtoniana s'accosterebbe assai più alla verità nelle piccole rifrazioni, che nelle grandi. Le ragioni del Klingenstierna obbligarono il Dollond a replicare le dette sperienze, e l'esito corrispose alle teoríe dell'oppositore. Non ebbe il Dollond difficoltà di darsi per vinto, e confessò ingenuamente, che il progetto dell'Eulero era realmente eseguibile, e che con mezzi diafani di diversa densità potevasi correggere l'aberrazione de' raggi. Adoperò egli prima i mezzi del vetro e dell'acqua proposti dall'Eulero; ma essendo troppo picciola la differenza delle rifrazioni fra que' due mezzi, bisognava dare a' vetri troppa curvità, onde cresceva l'aberrazione della sfericità, o lasciarli con troppo poca apertura, e privarsi de' principali vantaggi, che erano da sperarsi da tali telescopj. Si rivolse pertanto a due sorti di vetro, che davano maggiore differenza nelle rifrazioni, uno molto bianco e trasparente, chiamato *flintglass*, e l'altro verdastro simile al nostro comune, detto *crownglass*, le rifrazioni de' quali sono come 3, e 2; e col mezzo di questi corresse la dispersione de' raggi, fece sparire l'importuna iride, ed ottenne il bramato intento (*a*). Quest'interessante scoperta diottrica mise in agitazione tutti i geometri: i tre più distinti, il Clairaut, l'Eulero, e l'Alembert vi applicarono tutta la forza de' loro calcoli per determinare la differente rifrangenza de' due vetri, le curvità più opportune per distruggere l'aberrazione della rifrangibilità, e quella della sfericità; le dimensioni più giuste per ottenere tutto l'effetto, ed altri punti complicati e difficili, che abbisognavano di tutte le risorse della tanto allor

(a) *Philosoph. transact.* 1758, *Acad. des Sc. de Paris* 1756, Pezenas *Addit. au Cours d'Opt. de Smith.*

avanzata analisi, e che sembravano aver atteso il tempo del suo splendore per presentarsi alle speculazioni de' geometri. La più fina geometría venne in soccorso de' nostri occhi, e volle contribuire alla nostra curiosità: dimensioni esattissime, sottilissimi calcoli, ragionamenti ingegnosi presero per oggetto la rifrazione, la dispersione, e la riunione de' raggi della luce per mezzo de' vetri, e la perfezione de' telescopj acromatici, e sparsero nuovi lumi non solo su l'ottica, ma su l'algebra, su la geometría, e su l'altre parti delle matematiche. Le dissertazioni su questi punti del Clairaut piene di giuste formole e d'invenzioni giovevoli; gli opuscoli dell'Alembert (*a*), e sopra tutto i tre tomi della *Diottrica* dell'Eulero, che il la Grange non dubita di chiamare trattato completo su questa materia (*b*), si possono dire i corsi dell'ottica raffinata e sublime, come lo è della piana ed elementare l'opera dello Smith, e in altro genere posteriormente la *Fotometría* del Lambert. Senza tanta elevatezza e complicazione di calcoli, con una più semplice geometría, ma con gran forza d'immaginazione e d'ingegno, e con lunga e oculata pratica giunse il Boscovich a determinazioni non men sottili, e più utili, e ad invenzioni pratiche molto ingegnose, e di vantaggio assai maggiore che le analitiche speculazioni de' raffinati geometri. L'errore della sfericità, trascurato dal Newton come troppo piccolo, o quasi infinitesimo in confronto di quello della rifrangibilità, contemplato da' nuovi diottrici ne' telescopj acromatici, dove la differenza dall'uno all'altro è molto minore, dal solo Boscovich fu riguardato nel pieno e vero suo aspetto, investigatane la quantità in vetri di varia qualità, e di varie aperture, paragonato con quello della

Boscovich.

(a) Tom. I, III, IV, al. (b) *Acad. de Berlin. 1778.*

rifrangibilità non solo ne' diametri, o nell'estensione o quantità dell'uno e dell'altro, ma nella direzione de' raggi, e nella progressione della densità della luce in ciascuno de' differenti lor punti, ricavatene molte teoriche novità, scoperti nella pratica difetti non osservati da altri, ritrovati nuovi rimedj, ed inventati stromenti per correggerli con maggiore facilità. Lo studio degli ottici si era rivolto a perfezionare gli oggettivi, e levarne i colori, poco s'era pensato agli oculari, e almeno pochissimo s'era fatto, che servisse all'uso comune. Il Boscovich prese questi particolarmente di mira; e mentre l'Eulero si arrampicava su formole, e teoríe, che non potevano ridursi utilmente alla pratica, egli si occupava in dar soluzioni semplici ed eleganti, alla cui dimostrazione bastano i primi elementi, e le già conosciute verità, e in cercar regole spedite e facili all'esecuzione. Prese dal Clairaut le formole per la rifrazione delle lenti; ma le fece sue per la semplicità delle dimostrazioni, e per la generalità de' principj. Coll'osservazione del lume riflesso dalla superficie posteriore d'una lente, e delle due rifrazioni, che soffre l'una all'entrare, l'altra all'uscire, volle spiegare un certo lume erratico, che ha cagionato degli sbaglj in alcuni astronomi. Fece nuove osservazioni su l'inversione dello spettro diretta, ed obbliqua, e ne ricavò utili ammaestramenti. Trovò nella diversa refrangibilità un errore comune a tutti i raggi, ed altro particolare de' raggi situati fuori dell'asse, e propose il modo di correggere l'uno e l'altro. Diede metodi per servirsi utilmente del vetro comune; applicò l'acqua a nuovi usi diottrici, ed immaginò un telescopio ripieno d'essa per determinare la celerità della luce, come venne poi esposto, ma non con tanta pienezza di viste, da un inglese *(a)*; dimostrò,

(a) *Philosoph. transact.* 1782.

che per mezzo di due sostanze non possono unirsi che due colori, e fece vedere quanto siamo ancora lontani da un perfetto acromatismo ne' telescopj; e si distese a molte nuove e curiose ricerche, ed unì in tutte a fine, ed esatte speculazioni teoriche nuove regole, ed utilissimi metodi per la pratica. Le dotte dissertazioni in varj tempi da lui pubblicate (*a*), gli stromenti o da lui originalmente inventati, o ridotti a nuova esattezza, o a più universale utilità, tante sottili osservazioni, tante interessanti invenzioni, tante scoperte ingegnose mostrano nel Boscovich l'uomo di genio, che avvezzo alle geometriche speculazioni, occupato per cinquanta e più anni in maneggiar telescopj, ed osservar notte e dì pel loro mezzo le stelle, trasportato dall'amore dell'astronomía, persuaso per pratica della necessità di migliorare il lavoro de' telescopj come unico mezzo dell'avanzamento della diletta sua scienza, a tutto pensa, tutto riflette, cerca il profitto dell'arte, non la propria sua gloria, nè curasi d'innalzarsi a sublimi calcoli, e ad analitiche teoríe, spesso difficili d'intendere, e rare volte riducibili ad uso; ma si dà tutto a' progressi della pratica, alla perfezione del lavoro, al vero vantaggio dell'ottica, e dell'astronomía. La necessità di miglioramenti ne' telescopj acromatici ha impegnata l'universale curiosità; la geometría, la meccanica, e la chimica sono invitate a contribuire con nuovi lumi a questo comune benefizio dell'umanità. Il Jeaurat con un artifizio meccanico ha fatto un lavoro utile agli artisti; ha trovate le curvature, che fa d'uopo dare a' diversi vetri, e ne ha distese le tavole, che possono servire loro di guida; egli in oltre propose certi te-

Jeaurat.

(a) *Acad. Instit. Bonon.* tom. v, tum *Dissert. quinque ad Dioptricam pertinentes. Vindobonae 1767*, tum *Opera pertinentia ad Opticam et Astron.* tom. I et II. *Bassan.* etc.

lescopj, che chiamava *diplatidiani*, e che il Selva dotto artefice veneziano, che ne fece altri simili, distingue col nome di *iconantidittici* (*a*), i quali davano due immagini dello stesso oggetto, una diritta, l'altra inversa con due opposti movimenti, e cercò di perfezionare gli obbiettivi, e gli oculari degli acromatici (*b*). Il Rochon si fece nome per varj servigj prestati all'ottica, e pel miglioramento, che recò al *micrometro obbiettivo*, che fu cagione di amarezze, e contrasti col celebre Boscovich (*c*). Il Fuss (*d*), l'Oriani (*e*), e qualch'altro hanno fatto de' tentativi per migliorare nella figura della curvatura i cannocchiali acromatici. L'Accademia delle Scienze di Parigi si applicò ad un mezzo più utile, e propose premio, offerto da un privato zelante de' progressi dell'arte a chi sapesse levare i difetti del *flintglass*, e renderlo d'una trasparenza perfetta, ed affatto uguale. Il Macquer fece molte sperienze per iscoprire la cagione de' difetti, a' quali è soggetto questo cristallo, e le spose all'Accademia (*f*); e fu coronata da questa una delle dissertazioni presentate al concorso. Ma per quanto siasi finor lavorato, non s'è ottenuto il bramato intento; e recentemente per ordine regio ha riprodotto di nuovo l'Accademia lo stesso programma. I matematici hanno, come tutti gli altri, le loro mode, dietro alle quali corrono tutti. I telescopj acromatici occuparono l'attenzione di tutti i geometri: col loro ajuto si promettevano di conquistar nuovi cieli; mille lusinghiere speranze si presentavano agli avidi occhi degli astronomi: l'Eulero, il Clairaut, l'Alembert, il Boscovich, il la Grange, ed infiniti altri scris-

Rochon.

Studio sul miglioramento del *flintglass*.

Macquer.

(a) *Dial. ottic.* ec. dial. IV. (b) *Acad. des Sc.* an. 1779. (c) *Acad. des Sc.* an. 1776 ec.
(d) *Instruction détaillée pour porter les lunettes .... au plus haut degré de perfection* etc. *Saint-Petersbourg* 1774. (e) *Mem. di Mat. e Fis. della Società Ital.*, tom. III.
(f) *Acad. des Sc.* an. 1777.

sero replicate volte su questa materia: i telescopj catottrici non erano più curati: tutti gli sguardi, e tutte le premure erano rivolte agli acromatici. Pure con questi non s'è ancor fatta nessuna riguardevole scoperta, e solo s'è ottenuta qualche maggiore comodità per gli astronomi nel fare le osservazioni. Intanto che con tanto impegno questi sommi geometri faticavano pel miglioramento degli acromatici senza ottenere per mezzo d'essi veruna nuova scoperta, un musico e militare tedesco ritirato nell'Inghilterra con un telescopio di riflessione scopriva un nuovo pianeta e nuove stelle, e faceva prendere a' cieli un nuovo aspetto. Il famoso Herschel nel fondo del suo ritiro con instancabile ed industriosa pazienza, e con diligente destrezza, senza formole, senza calcoli, senza chimiche dissoluzioni, senz'ajuti accademici ha saputo dare a' suoi telescopj catottrici una forza ed attività, che nè mille geometri, nè mille chimici co' più sublimi calcoli, e colle più esatte formole, e colle sperienze più raffinate, con tante dissertazioni, e con tanti libri non hanno potuto procacciare a' loro applauditi acromatici. I desiderj non solo degli ottici, e degli astronomi, ma di tutti i dotti, anzi di tutta l'umanità, debbono tendere a perfezionare i vetri, e gli specchj, i telescopj diottrici, ed i catottrici, gli ajuti de' nostri occhi; gli uni, e gli altri possono forse ricevere de' miglioramenti ancora non preveduti. Si studia tanto, e sì giustamente, per raffinare il *flintglass*; ma perchè, senza lasciare questo studio, non potrebbe farsi anche quello di cercare un' altra materia, che possa unire vantaggi maggiori di que' del *flintglass*, e non partecipare de' suoi difetti, che si cercano d'evitare? Non potrebbe egli forse trovarsi anche per gli specchj de' telescopj catottrici una materia più conveniente a tutte le mire astronomiche? Nel lavorare i vetri, e gli spec-

Herschel.

Miglioramenti de' telescopj.

chj hanno i geometri ritrovate vantaggiosissime dimensioni, che forse potranno anche condursi a maggiore perfezione; ma non hanno poi potuto gli artefici ridurle ad esecuzione: non sarebbe dunque molto utile, ed anche necessario il rivolgere le speculazioni de' geometri e de' meccanici a trovare stromenti e metodi da perfezionar l'arte di polire i vetri e gli specchj, e metterli in quella curvatura, e figura, che loro prescriveranno le ottiche teorie? La collocazione degli specchj e de' vetri, tutte le parti e tutta la formazione de' telecopj esige le viste più dotte, e le cautele più scrupolose. La materia è molto importante, e merita l'attenzione e lo studio di tutti i dotti, e i lumi e gli ajuti di tutte le scienze, e di tutte le arti; nè v'è diligenza e riguardo, che non debba impiegarsi pel maggior suo avanzamento. Non si tratta di meno che d'accrescere quasi a volontà la sfera d'uno de' nostri sensi, e di stendere il nostro impero su la natura; di far comparire a' nostri occhi cose, e fenomeni sconosciuti fin dal principio del mondo; e di cercare in qualche modo per noi nuovi cieli, farci comparir in gran parte nuovi i goduti finora, e contribuire con Dio a farci vedere, e godere le infinite maraviglie da lui offerte da tanti secoli alla nostra contemplazione.

CAPITOLO X.

DELL' ASTRONOMIA.

Antichità dell'astronomía.

L'astronomía è la scienza più vasta, e più sublime, il principale oggetto di tutte le scienze matematiche, la prima scienza, che siasi con particolare studio coltivata dagli uomini. Le più antiche memorie, che sieno rimaste per la storia

delle scienze, sono quelle, che riporta Giuseppe ebreo degli antidiluviani, e queste risguardano l'astronomía. Le pietre, e i mattoni, le colonne de' figliuoli di Seth, i primi libri del genere umano non contenevano che le scoperte astronomiche, le uniche cognizioni, che gli uomini conservassero con gelosía, e che cercassero ardentemente di tramandare alla studiosa posterità (*a*) : e se Iddio diede agli antichi patriarchi la consolazione d'una vita lunghissima, quale non solo da Mosè, ma da Manetone, da Beroso, da Moco, e da molt'altri egiziani, fenici, e greci viene descritta, questo non fu che per meglio coltivare la geometría, e l'astronomía, per avanzare nelle scoperte, e nelle gloriose speculazioni su queste scienze, e per formare particolarmente nell'astronomía utili ed esatti periodi, quale è quello de' 600 anni (*b*). Non mi farò garante della verità di queste notizie lasciateci da Giuseppe ebreo, nè crederò col Bailly, che il periodo de' 600 anni venga dallo stesso Giuseppe confermato col testimonio degli or nominati scrittori, i quali non mi sembrano ad altro da lui citati, che ad attestare la lunga vita de' primi uomini (*c*); ma dirò nondimeno, che la sola tradizione di esse, vera o falsa che sia, suppone, che vi fosse stato da lunghi secoli amore, e studio dell'astronomía, e che si fosse giunto a formare un periodo astronomico lungo e difficile, superiore a' lumi degli stessi astronomi posteriori. Poteva egli Giuseppe, ignorante com'era dell'astronomia, fingere un tal periodo, se non fosse stato ideato da altri da sì lungo tempo, che più non sapevasene l'autore, e conservato soltanto presso gli ebrei com'opera de' primi patriarchi? Ma che che sia dello studio astronomico di que' tempi rimoti, noi altro

---

(a) *Antiqu. Jud.* lib. I, c. IV. (b) Ivi c. VIII.

(c) *Astr. anc.* lib. III, *Eclairciss.* §. V.

non ne sappiamo che questo poco, che ci racconta Giuseppe, ed anche su questo poco lasciamo a' critici il disputare della verità del suo racconto. Nè molto più dir potremo dell'astronomía delle nazioni asiatiche, donde sono a noi derivati i principj di quella scienza. Il Bailly vuol dare particolarmente all'indiana una rimotissima antichità; perciocchè se gl'indiani fino dall'anno 3102 avanti la nostra era fissarono già un'epoca, ch'era astronomica e civile, od un periodo di 4383 anni, come si ricava dalle loro tavole astronomiche, segno è, che già fin d'allora s'erano fatte molte osservazioni, s'erano combinati parecchj risultati di tali osservazioni, s'era coltivata con lungo ed attento studio l'astronomía. La copia delle materie non ci permette di seguire minutamente i molti artifizj retorici ed eruditi, che sa usare l'ingegnoso autore per istabilire l'autenticità di quell'epoca, e l'antichità dell' astronomía indiana; ma diremo soltanto, che tali epoche, e tali periodi non deono servire a provare l'antichità, che sembrano di supporre. Il periodo giuliano suppone un principio anteriore d'alcuni secoli a quanto stabiliscono i cronologi sul principio del mondo; e pure sappiamo, che la sua istituzione non è che dello Scaligero, nè sorpassa ancor due secoli. E se il Cassini avesse stabilito, e messo in voga presso gli astronomi il suo periodo *lunisolare pasquale*, noi avremmo un' epoca civile ed astronomica con un periodo di 11600 anni, senza potere per questo accordare alla nostra astronomía una maggiore antichità di quella, che gli storici monumenti ci danno. Gli antichi, che parlano degli studj degl'indiani, niente dicono in particolare della loro astronomía. Laerzio (*a*) dice soltanto de' ginnosofisti, che filosofarono oscuramente

Astronomía indiana.

(a) *Prooem.*

sul culto degli Dei e su l'esercizio delle virtù, e che furono disprezzatori della morte; e Plinio fra le varie classi degl'indiani contando i lor letterati, altro non dice di questi, se non che finiscono la lor vita col gettarsi spontaneamente nel fuoco (*a*). Ciò non pertanto abbiano pur gl'indiani coltivata fino da' tempi antichissimi l'astronomía, come la coltivarono i cinesi, ed altri orientali, ma non pretendiamo noi vanamente in sì rimota lontananza di luoghi e di tempi fissare l'origine della loro scienza, nè vogliamo fermarci a segnare distintamente i primi loro progressi, che non più possiamo conoscere: que' popoli sconosciuti e discosti non hanno avuta alcuna influenza su' nostri studj, nè gli antichi ci hanno lasciati monumenti bastevoli per poterne parlare con qualche accertatezza; quale profitto spereremo di ricavare da semplici congetture, per quanto sieno ingegnose, ed appoggiate a recondite erudizioni? Noi abbandoniamo volentieri ad altri scrittori non sol gl'indiani, ma gli Urani, gli Atlanti, i Prometei, gli Endimioni, i Tauti, i Mercurj, i Beli, i Fohi, e tutti gli antichi eroi storici, o favolosi creduti benemeriti dell'astronomía; c'è troppo prezioso il tempo per impiegarlo in tali ricerche.

Astronomia antica.

Ciò che possiamo generalmente dire degli antichi è, che noi ad essi dobbiamo un benefizio assai maggiore, che non si crede comunemente. I primi principj dell'astronomía, che abbiamo da loro ricevuti, sono i fondamenti di tutta la scienza; e benchè ora ci sembrino facili e piani, abbisognarono nondimeno di replicate osservazioni, e di lungo ed attento studio, onde meritare a' loro inventori la lode di veri astronomi. La divisione del tempo in giorni, mesi, ed anni, la co-

(a) Lib. VI, c. XIX.

stituzione dello zodiaco, la formazione de' segni e delle costellazioni, la distinzione de' pianeti, e delle stelle fisse, lo stabilimento de' poli, e de' punti solstiziali ed equinoziali, ed altre simili cognizioni, che or neppur guardansi come astronomiche, abbisognavano allora di molte osservazioni, e di attente e replicate speculazioni, nè meritavano minor lode che le scoperte dell'aberrazione delle fisse, e della nutazione dell'asse terrestre nell'astronomía de' nostri dì. Chiunque sia stato il popolo inventore dell'astronomía, noi non possiamo derivare la nostra che da' greci, i primi, o gli unici, che dobbiamo riconoscere per maestri. Ma i greci, come Platone (*a*), ed altri antichi confessano, presero i loro principj dalle nazioni straniere, e quelle pertanto dovranno interessare la nostra curiosità, dalle quali vediamo recarsi vantaggio alla greca astronomía. I caldei, e gli egiziani possono riguardarsi come i maestri de' greci. Callistene, al dire di Porfirio citato da Simplicio (*b*), riportò da' caldei osservazioni astronomiche di 1903 anni, cioè da 2227 avanti l'era cristiana. Epigene ne trovò altre antichissime (*c*). Ipparco, e Tolemmeo fecero uso nelle loro teoríe dell'ecclissi d'alcune osservazioni de' medesimi (*d*). Apollonio mindiano, peritissimo nelle naturali osservazioni, come dice Seneca, si portò da' caldei per imparare l'astronomía, ed apprese nelle loro scuole, che le comete non sono esalazioni, e fuochi transitorj, ma corpi costanti, e durevoli come i pianeti, e che si sapevano i loro corsi (*e*). Gemino (*f*), e Suida (*g*) ci descrivono alcuni periodi lunisolari, che fanno onore all'astronomía de' caldei. Erodoto (*h*) deriva da questi ne' greci l'uso del

Caldea.

(a) *Epinom.* (b) *Com. in Arist.* lib. *De Caelo*. (c) V. Plin. lib. VIII, c. LVI.
(d) *Almagest.* lib. IV. (e) Sen. *Quaest. natur.* lib. VII, c. III.
(f) *Elem. astr.* c. XV. (g) V. Saros. (h) Lib. IV.

gnomone. E generalmente vediamo molti progressi dell'astronomía caldaica, e molt'influenza della medesima nella greca. Gli egiziani ebbero ancora maggior parte nell'istruzione de' greci nell'astronomía. L'Egitto fu la scuola di tutti i greci. Talete, Pitagora, Eudosso, Platone, i primi astronomi della Grecia corsero ad attingere gli elementi di quella scienza da' fonti degli egiziani; nè giunse la greca astronomía a fare notabili avanzamenti, se non quando fu stabilita nell' Egitto nella scuola d'Alessandria. Platone (*a*), Diodoro siculo (*b*), e molt'altri attribuiscono agli egiziani il principio dell'astronomía. Seneca li mostra intelligenti e pratici nelle osservazioni degli ecclissi solari (*c*). Le osservazioni rimasteci de' caldei versavano su le ecclissi lunari; ma gli egiziani notavano le lunari e le solari; e dal tempo di Vulcano figliuolo di Nilo fino ad Alessandro osservarono, secondo Laerzio (*d*), 373 ecclissi del Sole, ed 832 della Luna, ciò che combina assai giustamente co' periodi dell'une e delle altre. Le varie divisioni de' loro anni, l'osservazione del levare *eliaco*, come dicono gli astronomi, del sirio, o della canicola, il periodo di 1461 anni, o l'anno canicolare, che istituirono sul ritardo d'un giorno ogni quattro anni dell'apparizione di quella stella, la collocazione delle piramidi esattamente affacciate verso i quattro punti cardinali del mondo, i metodi di calcolare le ecclissi, e varj altri monumenti d'astronomiche cognizioni provano, che gli egiziani osservavano con attenzione le stelle, che ne formavano ingegnosi risultati, che meritavano la venerazione de' greci coetanei, e che avevano qualche diritto al titolo, che s'arrogavano, di padri, e maestri dell'astronomía.

Egiziana.

(a) *Epinom.* (b) Lib. I. (c) Lib. VII, c. III. (d) *Prooem.*

Greca. Ma il maggior merito degli egiziani è l'avere formati i greci, e l'essersi questi riservato soltanto a lor propria lode il migliorare la dottrina de' loro maestri (*a*). Infatti i greci si confessarono per discepoli degli egiziani, ma non tardarono molto a superarli. Talete fu il primo astronomo della Grecia. Ritornato dall'Egitto insegnò a' greci la teoría delle ecclissi, e fu il primo a predirne una; determinò in qualche modo il diametro del Sole, e trovò il suo corso da un tropico all'altro; divise il cielo in cinque circoli o zone; formò la costellazione dell'orsa minore, e scrisse molto su l'astronomía (*b*). La setta jonica, o la scuola di Talete seguitò a coltivare gli studj astronomici. E Anassimandro lavorò una sfera, nella quale rese visibili i circoli ideati dal suo maestro; fabbricò un gnomone, e se ne servì per osservare i solstizj; e se vero è ciò, che lasciò scritto Eudemo, secondo il racconto di Anatolio (*c*), ma che non ci pare fondato abbastanza, conobbe, benchè imperfettamente, un qualche moto della terra. Anassimene, Anassagora, e gli altri filosofi di quella scuola coltivarono anche con particolare studio l'astronomía (*d*).

Talete.

Anassimandro.

Pitagora. Ma forse ha ricevuti questa scienza ancor maggiori vantaggi dalla scuola di Pitagora. L'obbliquità dell'ecclittica, l'esistenza degli antipodi, e la figura e costituzione della terra, la cognizione di Venere come fosforo ed espero, o come la stessa stella, che precede il Sole nel suo nascere, e lo segue nel tramontare, sono scoperte di Pitagora; e da lui parimente derivasi l'opinione dell'esistenza di molti mondi, o d'avere ogni stella il suo sistema planetario, o, per così dire, il suo mondo, e la scoperta, allor non molto curata, ed or abbracciata da' più dotti astronomi, del moto della terra, che poi

(a) Plato in *Epinom.* (b) Laert. in *Thalete*, Plat. *De placit. philos.* lib. II.
(c) V. Fabr. *Bibl. gr.* tom. II, p. 277. (d) Plut., Laerz., ed al.

spiegò più distintamente Filolao, e ne fu creduto da alcuni lo scopritore, come da altri dicevasi esserlo stato Hiceta siracusano (*a*). Anzi come Pitagora volle applicare al moto de' pianeti le leggi dell'armonía musicale, il Gregori (*b*), il Maclaurin (*c*), ed altri moderni hanno creduto di vedervi, benchè a mio giudizio senza bastevole fondamento, le leggi dell'attrazione, e il vero sistema dell'universo. Dalla scuola di Pitagora uscirono i più rinomati astronomi dell'antichità. Filolao, sì chiaro illustratore del moto della terra, che viene stimato da' moderni come il Copernico dell'antichità, e chiamato da molti filolaico il sistema, che or diciamo comunemente copernicano. Empedocle, Oenipode, Timeo, e varj altri rispettati dagli antichi per alcune profonde lor cognizioni. Democrito, particolarmente celebrato da' posteri per la penetrante sua sagacità di travedere fin da quel tempo nella *via lattea* un ammasso di picciole o di lontanissime stelle (*d*), che molti anche nel lume della moderna astronomía gli hanno voluto contrastare, e che ora a gloria del gran Democrito va mostrando agli occhi di tutti co' portentosi suoi telescopj l'Herschel. Possiamo anche sperare, che questo medesimo Herschel ci scopra parimente quegli animali cinquanta volte più grandi e più belli de' nostri, che i pitagorici stabilivano nella luna; ma ad ogni modo dovremo sempre lodare l'accortezza di que' filosofi, che riconobbero la Luna per un corpo simile alla nostra terra, ma con alcuna diversità prodotta dalla differenza della lunghezza de' giorni (*e*). Ad alcuni pitagorici attribuisce altresì Plutarco la cognizione della vera natura delle comete (*f*). I cicli di Cleostrato, di Metone, di

Pitagorici.

Democrito.

Altri astronomi greci.

(a) Laert. in *Philolao*. (b) *Astr.*, *phys.*, *et geom.* Praef. (c) *Expos. phil. Newton.* lib. I, c. II. (d) Plut. lib. III, c. II, Macrob. *Somn. Scip.* lib. I, c. XV, al. (e) Plut. lib. c, c. XXX. (f) Ivi lib. II, c. III.

Calippo, e d'altri, e gl'ingegnosi loro pensieri per la riforma del greco calendario provano non poco avanzata l'astronomía di quell'età. Il Gregori raccogliendo eruditamente i passi degli antichi favorevoli all'astronomía de' pitagorici, ce la presenta in aspetto sì vantaggioso, che per poco non la fa comparire superiore alla moderna (*a*). A dire il vero esaminando attentamente varie opinioni de' pitagorici, ed anche d'alcuni altri astronomi antichi, sembra non potersi negare, che fossero giunti ad acquistare in varj punti cognizioni più profonde, e più giuste, che non convenissero a' principj d'una imperfetta e nascente scienza, nè combinassero colle assurdità, che ad essi parimenti s'attribuiscono: il genio teoretico, e sistematico, e la passione, che li dominava, di volere spiegare ogni cosa, e rendere ragione di tutto, li avrà fatto urtare in molte verità, ed in molte giuste opinioni, che sponevano con eloquente entusiasmo, e che poi non sapevano sostenere per mancanza di fondamenti; l'arcano e il mistero de' loro insegnamenti, e le espressioni metaforiche, e le immagini poetiche, con cui amavano d'abbellire i filosofici lor sentimenti, avranno molto contribuito a deformarli, e fare comparire errori, ed assurdità di que' filosofi ciò che non era che varia interpretazione de' loro comentatori. E credo potersi prudentemente decidere dell'antica astronomía, che nè era sì rozza ed incolta, come si crede comunemente, nè sì raffinata e sublime, come vorrebbono alcuni moderni, e come pretendevano molti antichi; che fece molte osservazioni, e le fece con qualche diligenza, e talor anche con giuste mire; ma ch'esse non erano sufficienti per poterne ricavare i bei risultati, e stabilire le profonde teoríe, che annunziano i

Merito della greca Astronomía antica.

(a) Praef.

testimonj de' greci scrittori, e che deono riguardarsi come ingegnose immaginazioni, anzichè come ben fondate opinioni, e meditate scoperte, e che era troppo avanzata per poter cadere negli errori, che le si vogliono appiccare, ma non abbastanza per potersi innalzare alle sublimi verità, di cui si crede padrona. Seneca ci fa sapere quanto fossero ancora recenti al suo tempo le scoperte astronomiche. Dice, che poco prima soltanto s'erano incominciati a conoscere i moti de' pianeti, quando sieno progressivi, quando stazionarj, perchè divengano retrogradi. Ma egli stesso ci accenna esservi alcuni filosofi, che avevano più giuste idee di que' moti che non indicavano le parole, e che li credevano sempre progressivi, ancorchè talora paressero stazionarj e retrogradi (*a*); ciocchè suppone un'assai intima cognizione di tali moti, e forse eziandío del moto stesso della terra. Platone, che nell'*Epinomide* non dà un'idea troppo vantaggiosa della greca astronomía, propone pur nel *Timeo* un pensiero per ispiegare il moto circolare de' pianeti colla diversa loro velocità, cui il Galileo dà maggiore illustrazione ed ampliazione senza saper mai lodarlo abbastanza (*b*), e che vien ora riguardato da alcuni come un leggiero abbozzo della teoría delle forze centrali applicate al moto delle stelle.

Ma appunto dopo Platone si può dire, che incomincia a prender vigore, e formar corpo la greca astronomía. Eudosso è il primo, cui venga dato distintamente il titolo d'astronomo, il quale anche posteriormente era chiamato il principe degli astronomi (*c*); e ciò che è per lui più glorioso, viene citato con onore da Ipparco (*d*), e le sue opere furono per molto tempo il corso astronomico de' greci. E quanta fa-

Eudosso.

(a) *Quaest. nat.* lib. VII, c. XXV. (b) Dial. I *De' Sist. del Mondo*.
(c) Cic. *De Divin.* lib. II. (d) In Arati *Phoenom.*

Pitea. ma non ha ottenuta Pitea presso gli antichi pel viaggio, che fece al circolo polare, e per le osservazioni ivi prese della lunghezza de' giorni estivi, e della scarsezza di stelle vicino al polo, e forse ancora più presso i moderni, dopo la teoría della diminuzione dell'obbliquità dell'ecclittica, per l'osservazione fatta a Marsiglia dell'altezza meridiana del Sole nel giorno del solstizio di state? Non parlo d'Aristotele, tuttocchè alcune sottili osservazioni più che le implicate teoríe gli dieno qualche titolo da riporsi fra gli astronomi. Non d'Aristillo, nè di Timocari, tuttocchè le diligenti e replicate loro osservazioni sieno state molto giovevoli agli astronomi posteriori, e di grand'uso allo stesso Ipparco, ed a Tolommeo.

Aristillo e Timocari.

Aristarco. Aristarco di Samo è quell'astronomo, che chiama la nostra attenzione, il primo, di cui ci sia rimasto qualche scritto, e in cui cominci a vedersi finezza nelle osservazioni, e sottigliezza, e penetrazione ne' risultati, e nelle teoríe. Il solo suo metodo per determinare la distanza del Sole per la *dicotomía* della luce, cioè osservando la Luna in quella posizione, in cui la Luna, e l'ombra del suo diametro apparente sieno come divise da una linea diritta, e tirando un triangolo dall'occhio dell'osservatore al centro della Luna, e da questo a quello del Sole; e la giustezza della sua determinazione ottenuta con questo metodo bastano per accertarci dell'acutezza del suo ingegno, e della sodezza del suo giudizio (a). Degna è parimenti di lode, e d'ammirazione l'esattezza della misura del diametro della Luna paragonato con quel della terra, ch'egli seppe ritrovare di poco meno d'un terzo. Più maraviglia reca eziandío la dilicata osservazione, ed assai giusta determinazione del diametro del Sole, che fissò ad $\frac{1}{720}$

(a) *De magnit. et distant. Solis et Lunae.*

della sua orbita. Ma ciò che gli acquistò maggior applauso, e maggiore venerazione fu il suo impegno in promovere il sistema del moto della terra, e la sua abilità e maestría in fissarlo con giusti e sodi principj, e in difenderlo vigorosamente da tutti i contrarj assalti. I pitagorici, e particolarmente Filolao, l'avevano già proposto, ed appoggiatolo ad alcune giuste ragioni, ma non avevano preso in vista gli accidenti, ed i fenomeni diversi, che negli altri pianeti, e nelle stelle fisse dovevano risultare. Aristarco, più avvezzo a contemplare le stelle, più familiare e domestico co' loro moti e co' loro fenomeni, ebbe ad ogni cosa riguardo. La principale opposizione, che a quel sistema movevasi, era la diversità d'aspetti, che sembrava dovessero prendere le stelle fisse, qualor la terra vi s'accostasse, o discostasse nel lungo suo giro. Aristarco ebbe tanti lumi astronomici, e tanta forza d'immaginazione, che non dubitò d'asserire, ciò che anche a molti moderni è sembrato incredibile, che tutta l'orbita della terra non è che un punto paragonato colla distanza delle stelle fisse, nè può mai rendersi sensibile il suo avvicinamento *(a)*. La scuola d'Alessandria fu il teatro della vera gloria della greca astronomía. Aristillo, Timocari, ed Aristarco appartengono a quella scuola, e nella medesima fiorì pure l'enciclopedico Eratostene, il quale più ancor che dall' altre scienze, in cui si fece chiaro nome, trasse dall'astronomia la sua maggiore celebrità. Conservavansi nel portico di Alessandria a perpetua gloria del sapere astronomico d'Eratostene le *armille*, famoso stromento, che di tanto uso fu nelle astronomiche osservazioni, da lui inventate, o sommamente migliorate, e adoperate in finissime operazioni. La posizione

Eratostene.

(a) V. Archimed. in *Arenar.*

dello zodiaco, la via del corso del Sole attraverso le stelle, la distanza de' punti solstiziali, e l'obbliquità dell'ecclittica era stata l'oggetto della ricerca di molti astronomi, che solo per congetture, e per approssimazione la poterono fissare. Pitea fece a questo fine l'osservazione, che abbiamo di sopra mentovata: Aristarco fra gli altri fenomeni celesti osservò anche un solstizio; ma Eratostene colla diligenza, ed esattezza, che esigeva la scuola d'Alessandria, e l'importanza dell'operazione, fece replicate osservazioni ne' solstizj estivi e negl'invernali, e determinò la distanza ne' tropici fra 47° 40', e 47° 45'; Plutarco attribuisce ad Eratostene la misura delle distanze del Sole e della Luna, dando a questa 780000 stadj, ed a quella del Sole 804000000 *(a)*; e se recò maraviglia la misura d'Aristarco, che ampliò tanto gli spazj dell'universo, quanto stupore non deve produrre la misura d'Eratostene, che slontanò ancor tanto più l'orbita del Sole, e s'accostò sì prossimamente alle più fine ed esatte determinazioni degli astronomi de' nostri dì? Pur quest'operazione di Eratostene ci viene solo accennata da Plutarco, nè sappiamo con quale metodo l'abbia eseguita, nè vediamo, che abbia riportati gli elogj, nè meritata l'approvazione degli astronomi posteriori, e tutto ciò ci fa mettere qualche dubbio su la sua autenticità. Ma la grand'opera d'Eratostene, quella, che gli riscosse la maraviglia di tutti gli antichi, che non cessano d'ammirare, e d'applaudire i moderni, e che rende il nome d'Eratostene immortale ne' fasti dell'astronomia, è la sua intrapresa della misura della terra. Aristarco, ed altri astronomi prendevano per misura delle lunghissime distanze celesti il diametro della terra; ma questo non poteva assolutamente

(a) *De plac. phil.* lib. II, c. XXXII.

determinarsi in sè stesso, e d'uopo era didurlo dalla grandezza della circonferenza. I matematici, al dire d'Aristotele (*a*), avevano per mere congetture stimata la circonferenza terrestre di stadj 400000. Un greco Dionisiodoro con una greca finzione raccontata da Plinio (*b*) fissò il semidiametro della terra di 42000 stadj, donde i geometri calcolavano la circonferenza di 255000. Eratostene con un metodo astronomico, confrontando l'altezza del polo d'Alessandria e di Siene, la determinò di stadj 250000, benchè Plinio (*c*), Vitruvio (*d*), Macrobio (*e*), ed altri la dicano di 252000; perchè, come osserva il Riccioli (*f*), presero nel numero tondo di 700 gli stadj compresi in un grado, che Eratostene solamente contava 694 $\frac{4}{9}$. Noi abbiamo altrove (*g*) parlato assai lungamente di quest'operazione d'Eratostene, nè vogliamo ora entrare a difendere, come si potrebbe con qualche ragione, la sua esattezza: chi sa quanto penino i moderni astronomi, provveduti di sì fini stromenti, ajutati da' lumi di tanti secoli, diretti da metodi sì studiati, per ottenere qualche esattezza nelle loro determinazioni, non pretenderà di trovarla molto perfetta in quelle degli astronomi antichi: il merito d'Eratostene è d'avere immaginata, ed eseguita una misura astronomica e geometrica della terra, e la vera sua gloria è, che i moderni niente hanno saputo aggiungere al suo metodo, nè si sono più avvicinati alla verità che pe' progressi delle arti, che hanno loro somministrati mezzi di maggior precisione; e viverà eternamente ad onor delle matematiche il nome d'Eratostene, e la memoria della sua grande intrapresa. Dopo Eratostene, ed Aristarco non parleremo di Conone, tuttochè

(a) *De Caelo* II. (b) Lib. II, c. CIX. (c) Lib. II, c. CVIII.
(d) Lib. I, c. VI. (e) *Somn. Scip.* lib. I, c. XX.
(f) *Almag.* lib. III, c. XXVII. (g) Tom. III, lib. III, c. II.

lodato da Virgilio (*a*), e da Seneca (*b*); nè d'altri astronomi di minor nome. Ipparco, Ipparco è l'astronomo, dietro cui corrono i nostri sguardi.

Ipparco.

Qual nuovo aspetto non prende nelle mani d'Ipparco l'astronomía? Generalità di mire, giustezza di metodi, diligenza e costanza d'osservazioni, sagacità di combinazioni, ordine, e forma di scienza esatta. Aristarco, ed Eratostene inventarono alcuni ingegnosi metodi, fecero alcune regolate osservazioni, diedero alcune fondate determinazioni; ma non legarono le osservazioni fatte, e le scoperte verità, non fecero una scienza dell'astronomía. Ipparco fu il genio vasto e profondo, che riguardandole tutte sotto una vista generale, ne formò un piano, vi mise in ordine le scoperte verità, collegò l'une coll'altre, ed abbracciò in tutta la sua estensione la scienza astronomica. Sole e Luna, stelle fisse e pianeti, i cieli tutti volle sottomettere alla sua dotta curiosità. Fece una rivista di tutte le operazioni degli antichi astronomi, e trovò poche lor ipotesi appoggiate a qualch'osservazione, e delle stesse osservazioni poche gli parvero fatte colla richiesta diligenza, e pochissime replicate, e legate insieme per fondare qualche opinione, nè credè, che le loro determinazioni dovessero appagare la giudiziosa sua esattezza, ma le richiamò tutte ad un rigoroso esame. Uno sguardo generale su tutto il cielo gli fece correggere quasi tutte le posizioni delle stelle proposte da Arato dietro alle traccie d'Eudosso (*c*), e gl'ispirò il progetto di riportarle tutte a' due poli, ed a' circoli dell'equatore, e dell'ecclittica, onde potere colle nuove osservazioni conoscere ciò che nel cielo è stabile e fisso, e ciò all'opposto, che è mobile, e determinare col tempo i

(a) Elog. III. (b) *Quaest. nat.* lib. VII, c. III.

(c) *In Arati et Eudoxi phoenom.*

fenomeni, e le leggi di tali moti, e di tale stabilità. Esaminò l'obbliquità dell'ecclittica, o la distanza de' tropici fissata da Eratostene, e la trovò conforme all'astronomica verità. Se lodevole fu il coraggio d'Eratostene di misurare la terra, maggior maraviglia dovrà recare l'ardire d'Ipparco di esaminare le distanze de' corpi celesti, e misurar l'universo. Noi non vediamo le stelle nel vero lor sito, ma solo nell'apparente. Due osservatori diversi osservandole da luoghi fra loro alquanto lontani, vedranno la stessa stella in due siti diversi, ed amendue vedrebbonla in un terzo e vero suo sito, se potessero osservarla dal centro della terra. L'angolo formato da' raggi visuali de' due osservatori, la distanza de' punti celesti, ove essi riferiscono la stella, è ciò che dicesi *paralasse*; la quale, come da sè è chiaro, sarà minore quanto più lontana sarà la stella osservata; e perciò dalla maggiore, o minore paralasse si potrà calcolare la distanza delle stelle, e misurarsi la grandezza di quello spazio; e la scoperta della paralasse, l'invenzione di questo metodo per conoscere le distanze de' corpi celesti, e misurar l'universo è un nuovo dono fatto da Ipparco all'astronomía. Non contento egli di misurar le distanze passò anche a contare il numero delle stelle, e rendercele in qualche modo dimestiche e familiari. Oltre la gloria di superare le difficoltà, e di riuscire in sì ardua impresa, ottenne anche in premio della sua fatica un'importante e gloriosa scoperta. Col confrontare le sue osservazioni con quelle d'Aristillo e di Timocari fatte un secolo e mezzo prima, e fatte con sufficiente esattezza, trovò, che tutte le stelle s'erano avanzate quasi due gradi nell'ordine de' segni, o che i punti cardinali sembravano d'essere retroceduti, e scoprì così il famoso fenomeno della precessione degli equinozj, o, com'ei diceva, della *retrogradazione de' punti solsti-*

ziali, ed equinoziali. Nè sole le stelle fisse, ma il Sole, e la Luna, e i pianeti gli devono nuovi lumi. Volle fissare con precisione il vero tempo dell'annuo giro del Sole, ed osservò per molt'anni il suo ritorno a' solstizj, ed agli equinozj; nè bastandogli le osservazioni fatte nell'intervallo di que' pochi anni, le confrontò con una d'Aristarco anteriore di 145; e riflettendo, che se l'annuo corso del Sole fosse di giorni 365 e 6 ore, avrebbe dovuto il Sole arrivare al solstizio dodici ore più tardi, levando da 145 anni 12 ore, raccorciò l'anno di poco più di 5 minuti. Queste operazioni, e questi confronti d'osservazioni fatte in un lungo intervallo d'anni diedero agli astronomi l'ingegnoso metodo di paragonare simili osservazioni per rendere sensibili alcuni errori, che altrimenti non si lascerebbero sentire, che è stato loro, ed è anche presentemente di grandissima utilità. Gl'intervalli degli equinozj, e de' solstizj, che dovrebbono essere uniformi nel moto circolare del Sole, non compariscono tali. Giorni 94 $\frac{1}{2}$ trovò Ipparco, che impiegava il Sole dall'equinozio di primavera al solstizio di state, e 92 $\frac{1}{2}$ da questo all'equinozio d'autunno; 187 per correre la metà boreale dell'ecclittica, 178 e quasi $\frac{1}{4}$ per correre l'australe. Per ispiegare questo fenomeno pensò Ipparco all'eccentricità, e col fare eccentrico il circolo, che corre il Sole, potè rendere ragione di questa creduta irregolarità, ed aprire in qualche modo la via a' giri ellittici dati poi dal Keplero a tutti i pianeti, e porre la base delle moderne teorie. Esaminò il giro diurno del Sole; e per fissarlo più esattamente l'incominciò a contare dal suo passaggio pel meridiano, ed istituì il giorno astronomico. Si rivolse a contemplare la Luna, e misurò il tempo del suo giro; determinò l'eccentricità della sua orbita, e la sua inclinazione all'ecclittica, il moto de' suoi *apsidi*, e de' suoi *nodi*; e calco-

lò le prime tavole de' moti del Sole e della Luna, di cui resti memoria nell'astronomía. Dal Sole e dalla Luna passò anche a' pianeti; ma non avendo osservazioni abbastanza, a cui potersi affidare, nè potendone egli far molte nel lento corso di quelle stelle, sgomentato dalla difficoltà delle disuguaglianze de' loro moti, e trattenuto dalla stessa sua esattezza, si contentò di radunare le poche osservazioni antiche, che gli parvero assai giuste, di farne egli altre migliori per istruire la posterità, e di mostrare, che le supposizioni de' matematici del suo tempo non soddisfacevano a' fenomeni, nè mai ardì di presentarvi alcuna sua ipotesi, nè di stabilirvi alcuna teoría. Dalla contemplazione de' cieli volle anche discendere all'ispezione della terra, o per dir meglio innalzò alle stelle la posizione de' luoghi terrestri, e determinò le distanze di questi col riferirle a' punti celesti: innamorato com'egli era dell'astronomía, volle renderle tributaria la geografia, e coll'estendere il dominio dell'astronomía ridusse la geografia in scienza positiva, e fondata in principj certi, e la lasciò men soggetta alle semplici congetture de' geografi, o a' falsi racconti de' viaggiatori. Da un trattato d'Ipparco citato da Teone gli attribuisce il Montucla (*a*) l'invenzione della trigonometría, sì rettilinea, che sferica, ed accresce sempre più i suoi meriti nelle scienze. Non finiremmo questo discorso, se volessimo riferire tutti i vantaggi recati da Ipparco all'astronomía; e forse sembrerà a molti, che n'abbiamo già troppo lungamente parlato nella ristrettezza della nostra opera; ma lo sbanditore delle vane ipotesi, e libere immaginazioni, l'introduttore della precisione, e della severità, il creatore d'una scienza esatta, il padre della vera astrono-

(a) Part. I, lib. IV., §. IX.

mía, il maestro della studiosa posterità, lo svelatore de' cieli, il grand'Ipparco meritava nella storia dell'astronomía una più lunga, e più distinta menzione.

Altri astronomi greci.

Ipparco fu fecondo d'astronomiche invenzioni, ma non produsse verun astronomo, nè lasciò verun successore degno di lui. Gemino, Teodosio, e Menelao si conoscono per alcune loro osservazioni, e molto più per alcuni scritti, che sono stati per lungo tempo classici nell'astronomía; Posidonio per la costruzione d'una ingegnosa sfera, per la sua misura della terra, e per l'opera astronomica, che ancor si conserva; Sosigene, e Giulio Cesare per l'utilissima impresa della riforma del calendario, ed alcuni altri greci e romani per qualche lor merito nell'astronomía. Ma solo Tolemmeo merita dopo d'Ipparco particolare rimembranza. Tolemmeo fiorì sotto Adriano ed Antonino prima della metà del secondo secolo, quasi tre secoli dopo Ipparco; e Tolemmeo, ed Ipparco formano, per così dire, tutta l'antica astronomía. Ipparco, genio sublime, e fecondo d'ingegnose invenzioni giovò più all'astronomía pe' suoi metodi, per le sue opinioni, pe' suoi progetti, per le sue scoperte; Tolemmeo, genio vasto, laborioso, ed ardito, ajutato da' lumi dello stesso Ipparco, e de' molti suoi successori, abbracciò un piano più completo, e potè ridurre a qualche perfezione ciò che Ipparco non aveva fatto che immaginare, o abbozzare. Ipparco formò i piani, acquistò i materiali, pose i fondamenti, e cominciò a levare la gran fabbrica della composizione dell'universo. Tolemmeo seguì l'opera d'Ipparco, compì l'edifizio, e diede a godere agli uomini sì grandioso spettacolo; raccolse le cognizioni degli anteriori astronomi, vi aggiunse le sue, e presentò un corso compiuto d'astronomía. Ipparco produsse più avanzamenti alla scienza astronomica: Tolemmeo è stato più

Tolemmeo.

utile agli astronomi, ed ha più giovato a' moderni progressi dell'astronomía. Ipparco fece la scoperta della paralasse, e cominciò a farne uso: Tolemmeo studiò più attentamente questo punto; inventò uno stromento per osservare le paralassi, diede regole per calcolare le quantità, che riguardano la longitudine, e la latitudine, formò le tavole, e ne ricavò molti più usi astronomici, che Ipparco non conosceva. Gli antichi osservarono molte ecclissi del Sole, e molte più della Luna, e ne istituirono qualche teoría, onde poterle predire; Ipparco in oltre si servì delle lunari per alcune determinazioni astronomiche, a cui senza tale mezzo non sarebbe mai giunto; ma solo Tolemmeo diede la prima dottrina di que' fenomeni, e spiegò i moti, e le distanze, e i diametri del Sole, della Luna, della terra, e delle ombre di queste, a cui tutta la cognizione delle ecclissi si appoggia, e fece vedere i molti usi astronomici, che dalle ecclissi lunari possono derivare, non conoscendosi ancor abbastanza que' delle solari. Ipparco osservò una disuguaglianza nel moto della Luna, come abbiam detto, nata dal moto delle *apsidi* della medesima, ch'egli rappresentò con un epiciclo, o con un eccentrico; Tolemmeo ne trovò un'altra prodotta dal moto de' *nodi*, che combinò con quella delle *apsidi*, movendo la Luna in un epiciclo per un eccentrico. L'epiciclo fu ideato dal geometra Apollonio, o fu almeno da lui dimostrata la proporzione necessaria fra l'epiciclo e il deferente per produrre i fenomeni delle stazioni, e retrogradazioni de' corpi celesti; Ipparco, più filosofo e più astronomo, pensò a sostituire un circolo eccentrico in vece del concentrico, che si credeva generalmente; e con questo eccentrico senza bisogno dell'epiciclo non solo spiegò più felicemente e con maggiore verità i detti fenomeni, ma varj altri eziandío del Sole e della Lu-

na non conosciuti dagli altri astronomi, che pur credeva potersi anche spiegare coll'epiciclo; Tolemmeo unendo l'epiciclo coll'eccentrico, e immaginando un epiciclo, che abbia per deferente un eccentrico, non solo spiegò la sopraddetta disuguaglianza della Luna, ma diede anche ragione di due disuguaglianze, che s'osservano ne' pianeti, tanto riguardo al Sole, che riguardo allo zodiaco. La teoría de' pianeti, delle loro distanze, de' loro moti, delle dimensioni delle lor orbite fu tutta opera di Tolemmeo; Ipparco fece varie osservazioni, scoprì alcuni fenomeni non osservati dagli altri, ma non ardì ancora di darne le determinazioni, nè di renderne la ragione; Tolemmeo, più coraggioso, ed anche dopo le osservazioni di tre secoli più illuminato, intraprese di spiegar tutto, e di tutti i celesti fenomeni volle stabilire una completa teoría. Colla cognizione delle stelle fisse, del Sole, della Luna, e de' pianeti si credè padrone dell'universo, e volle regolarlo tutto a suo modo, dargli le leggi, e fissare un pieno sistema. Quindi il famoso sistema tolemmaico, il quale, benchè fondato sopra uno schieramento de' corpi celesti da' caldei, o da altri astronomi prima di lui immaginato, ebbe nondimeno il nome di Tolemmeo, perchè da lui appoggiato ad osservazioni, ed a ragioni, e ridotto ad astronomica regolarità. Il sistema di Tolemmeo si presenta troppo ingombro d'epicicli, e di circoli, d'eccentrici, e di concentrici, ed è insostenibile per la stessa sua complicazione poco conveniente alle operazioni della natura; ma dee sempre riguardarsi come un portento d'arditezza di genio, di fecondità d'immaginazione, di sottigliezza d'ingegno, di varietà di risorse dell'astronomico sapere del suo autore. La geografia, la cronología, e l'ottica, come appartenenti all'astronomía, goderono anche della giovevole beneficenza degli studj di

Tolemmeo. E tante sono le nuove osservazioni, e le interessanti scoperte, con cui illustrò Tolemmeo l'astronomía, che troppo lungo, e troppo arduo impegno sarebbe il volerle riferir tutte; ma egli è stato ancora più benemerito della sua scienza, e più utile alla posterità colle dotte sue opere, che colle stesse scoperte. L'*Almagesto* di Tolemmeo, come opportunamente dice il Bailly (*a*), mantenne la comunicazione fra l'astronomia antica e la moderna, e fu il fedele magazzino, dove per lunghi secoli si tennero in deposito i metodi, le osservazioni, e le cognizioni di tutti gli antichi astronomi, per trasmettersi a' moderni, che le hanno saputo profittare. Se lo studio astronomico non si estinse in Alessandria, se si accese negli arabi, se si conservò ne' secoli rozzi, se si rianimò nel ristoramento de' buoni studj, e si portò a quella perfezione, in cui lo vediamo presentemente, tutto si dèe all' *Almagesto* di Tolemmeo.

Astronomía arabica.

Lo studio dell'astronomía seguitò ancor a coltivarsi in Alessandria; ma dopo Tolemmeo non sorse alcun vero astronomo. Noi tralasciamo di riferire i nomi degli scrittori, e de' maestri, degli astronomi, e de' cronologi, che si contano di que' tempi fra' greci e fra' latini per empiere la storia dell' astronomía, e veniamo brevemente agli arabi, che sono gli unici, che da Tolemmeo fino a Copernico le abbiano saputo produrre qualche reale vantaggio. Gli osservatorj astronomici, gli estremamente grandi ed esatti stromenti, l'operazione della misura della terra, le molte tavole astronomiche, la storia celeste d'Ibn Jonis, ove si riportano moltissime lor osservazioni, ed infinite opere non solo conservateci nell'arabico originale, ma tradotte in latino, o in volgare, che hanno

(a) *Astr. moderne* lib. v.

un tempo servíto alle scuole astronomiche, e che ancor vediamo o manoscritte, o stampate nelle biblioteche; e le lunghe liste d'astronomi, e di principi protettori dell'astronomía, che gli scrittori della storia astronomica, o que' delle cose arabiche ci presentano, tutto prova, che ardentemente fu coltivato, e promosso dagli arabi lo studio dell'astronomía; e tanti nomi arabici divenuti tecnici, e proprj di questa scienza fanno vedere quanto essa sia debitrice a quella nazione, da cui ha dovuto prender la lingua. Infatti gli elementi di

Alfragano.

Alfragano sono stati il libro classico dell'astronomía, non solo presso gli arabi, ma eziandío in tutta l'Europa. Una determinazione più giusta della lunghezza dell'anno, un'osservazione della declinazione dell'ecclittica, e più di tutto la *trepidazione delle fisse*, o un moto libratorio, per cui queste or

Thebit.

avanzino, or retrocedano, falsamente immaginato da Thebit,

Arzachel.

hanno data molta celebrità al suo nome. Fu famoso Arzachel per le tavole *toledane*; ma si rese più utile all'astronomía per le continue sue osservazioni, e pel metodo, che adoperò, più perfetto di quello d'Ipparco, e di Tolemmeo, per determinare l'apogeo del Sole, la sua eccentricità, e gli elementi della sua teoría. Alhazen, di cui abbiamo parlato nel trattato dell'ottica, è il primo astronomo, da cui possiamo imparare la dottrina de' crepuscoli, dell'atmosfera, e delle astronomiche rifrazioni, tanto necessaria a tutta l'astronomía.

Alpetragio.

La sostituzione immaginata da Alpetragio delle orbite spirali in vece delle circolari, se non servì a dare una migliore spiegazione de' fenomeni de' moti celesti, affievolì almeno il pregiudizio, che dominava in tutti gli astronomi, di non potersi questi eseguire che per orbite circolari: il primo passo verso la verità è il discostarsi dall'errore, nè si sarebbe forse mai giunto a stabilire le orbite ellittiche, se Alpetragio non

avesse avuto il coraggio d'abbandonare le circolari, e d'introdurre, benchè poco avvedutamente, le spirali. Questi, e molti altri arabi nell'Asia, nell'Africa, e nell'Europa tennero in credito e vigore l'astronomía, e le fecero fare alcuni progressi; ma il vero astronomo degli arabi, l'Ipparco, e il Tolemmeo di quella nazione, altro non fu che Albatenio: la giustezza delle sue vedute, e le molte sue scoperte gli danno tutto il diritto a quest'astronomico principato. Egli assai più che gli antichi s'accostò alla verità nel determinare il movimento, che osservasi nelle fisse, riducendolo ad un grado per 70 anni in circa, non già per 100. Egli toccò sì dappresso l'eccentricità dell'orbita solare, che i moderni non le hanno saputo dare maggiore esattezza. Egli fece nuove tavole astronomiche, assai più giuste di quelle di Tolemmeo. Ma ciò che gli meritò particolarmente la venerazione degli astronomi, fu la sottile scoperta d'un movimento dell'apogeo del Sole distinto da quello delle fisse, e alquanto più rapido, pel quale l'apogeo del Sole s'avanza uniformemente lungo l'ecclittica: e la scoperta di quest'avanzamento l'eccitò per l'analogía a sospettarne uno simile negli apogei degli altri pianeti, come le osservazioni moderne sembrano dimostrare. Questa scoperta è stata un nuovo passo dell'astronomía verso la sua perfezione; questa può dirsi l'unico vero avanzamento, che abbia ottenuto quella scienza nel lungo corso di tanti secoli; questa mette Albatenio al fianco d'Ipparco, e di Tolemmeo fra' padri, e creatori dell'astronomía. Il solo Albatenio basta ad onore dell'arabica astronomía; e noi lasceremo da parte tant'altri arabi, che si fecero nome distinto, e che ancor sono rinomati nella storia di quella scienza. Nè ci tratterremo di più nel descrivere le gloriose fatiche d'Alfonso X re di Castiglia, e l'opere di Giovanni di Siviglia, di Ghe-

Albatenio.

Astronomi europei discepoli degli arabi.

rardo, di Giovanni di Sacrobosco, e di que' pochi, che profittando del magistero degli arabi, cominciarono a spargere per l'Europa qualche amore delle astronomiche cognizioni. L'astronomía di que' tempi non era che arabica: traduzioni, comenti, e spiegazioni de' libri arabici erano tutti i lavori degli studj degli europei, come tante volte abbiam detto; nè per quanto vogliamo esaminarli minutamente, potremo sperare di ritrovarvi il più picciolo avanzamento, nè cognizione alcuna, che non sia intieramente dovuta agli arabi loro maestri. Noi ci affrettiamo ad entrare nella moderna astronomía, dove tanti sì rapidi, e sì grandiosi avanzamenti s'incontrano, che per quanto cerchiamo di trascorrerli leggiermente, dovranno fermare per lunga pezza tutta la nostra attenzione.

Ristoramento della astronomía.

Il secolo decimoquinto, troppo ingiustamente accusato di rozzo, e d'incolto, è l'epoca del risorgimento della maggior parte delle scienze, e segnatamente dell'astronomía. Il primo passo per fare una nuova astronomía era impadronirsi bene dell'antica; e questa non poteva allora ottenersi, non conoscendosi che nell'almagesto di Tolomeo, nè avendosi questo che troppo liberamente tradotto, ed alterato dagli arabi, e quindi reso latino da rozzi scrittori poco intelligenti dell'arabo e dell'astronomía, e mal pratici del latino. Nel secolo decimoquinto si diseppellirono i libri greci, venne in moda lo studio della lingua greca, si conobbero per così dire personalmente gli autori greci, e le scienze greche si resero agli europei domestiche, e familiari. Il Purbach, e il suo discepolo Regiomontano produssero nell'astronomía questo ristoramento. Poco contenti dell'astronomía, che allor sapevasi, ed offesi delle moltissime assurdità, che nelle traduzioni dell'almagesto incontravansi, presero a fare da sè molte osservazioni, riforma-

Purbach, e Regiomontano.

re le allor correnti opinioni, e correggere gli errori delle traduzioni dell'almagesto; e singolarmente il Regiomontano, proveduto de' lumi della geometría e della lingua greca, ed ajutato dagli stromenti, che la generosità del Walter gli prestava, potè combattere le fallaci teoríe di Gherardo, e d'altri astronomi di que' tempi oscuri, tradurre dal greco originale non solo Tolemmeo, e il suo comentatore Teone, ma Menelao, e Teodosio, e rimettere alla comune cognizione la greca astronomía, spiegare gli stromenti astronomici col loro uso, tanto que' che avevano adoperati gli antichi, come altri più recentemente inventati, formare tavole, distendere effemeridi, e rinnovare insomma l'antica astronomía, e cominciare a dare eccitamento per formarne una nuova. Questa ebbe la felice sua nascita dal Copernico. Non pochi furono alla fine di quel secolo gli astronomi di qualche grido: il Bianchini, Domenico Maria, il Ricci, il Walter, il Werner, l'Appiano, ed altri parecchj; ma noi in tanta copia d'astronomi più rinomati, e più degni della nostra attenzione li passiamo tutti in silenzio, e veniamo al Copernico, vero padre della moderna astronomía. Il collocamento, e la disposizione di tutti i corpi celesti, e il pieno sistema dell'universo è il fondamento, ed il fine di tutta l'astronomía. Copernico, pratico del cielo e delle stelle, non potendo combinare i fenomeni, che osservava col sistema di Tolemmeo, si diede a ricercare in qual altro sistema si potrebbero tutti spiegare naturalmente (*a*). Trovò, che Hiceta, Filolao, ed altri greci fecero movere la terra, alcuni intorno al suo asse soltanto, altri nell'annua sua orbita; ed abbracciò detto moto nell'uno e nell'altro senso. Lesse in Marciano Capella, che alcuni

Altri astronomi.

Copernico.

(a) *De revol. orb. caelest.*, Praef. ad Paulum III.

filosofi facevano girare intorno al Sole Mercurio, e Venere, e trovò, che questa teoría era molto conforme a' fenomeni di tali pianeti, ed all'astronomica verità. Riflettè, che anche Marte, Giove, e Saturno avevano tali disuguaglianze nelle congiunzioni, e nelle opposizioni, che non potevano intendersi facendoli muovere intorno la terra; ma che si spiegherebbero chiaramente se si movessero intorno al Sole. La Luna sola restò per lui nell'antico suo posto; ed essa realmente faceva il suo giro intorno alla terra. Restava dunque da contemplare, se fosse più verisimile, che il Sole con tutti i pianeti girasse intorno alla terra, ovver che la terra, portando seco la Luna come un suo satellite, si movesse come tutti gli altri pianeti intorno al Sole. I sopraddetti antichi filosofi abbracciarono il moto della terra; ma ciò fecero senza i necessarj fondamenti per uno sforzo soltanto d'immaginazione e d'ingegno, o forse più tosto per discostarsi dalla comune opinione, e rendersi singolari. Copernico non ardì fare un tal passo, e proporre agli astronomi un tale moto, se non quando dopo quaranta e più anni d'osservazioni, e di meditazioni restò convinto di potersi con questo solo rendere piena ragione di quanti moti, e fenomeni si osservano ne' cieli, e combinarsi in tale sistema naturalmente, e senza la menoma violenza tutti i diversi accidenti del cielo e della terra, che non erano stati fin allora ben intesi. Così l'opinione degli antichi fu abbandonata come un sogno, o come una delle molte assurdità, che amavano di spacciare i filosofi: il sistema di Copernico viene anch'oggidì rispettato come una grande scoperta, ed una astronomica verità. Egli dunque fissò nel centro il Sole, intorno al quale girano Mercurio e Venere, la terra colla Luna, che la corteggia, e poi Marte, Giove, e Saturno. Le varietà delle stagioni, e tutti i fenomeni, che

vediamo nella terra, nella Luna, nel Sole, e in tutti i pianeti, si spiegano in questa disposizione de' corpi celesti colla maggiore naturalezza, e facilità. Anche il piccolo lentissimo moto, che comparisce nelle stelle fisse, che i greci e gli arabi avevano attentamente osservato, senza però poterne conoscere la cagione, si vede derivare naturalmente da una piccola irregolarità nel parallelismo della terra, ricevuto che sia il doppio moto di questa sul proprio asse, e nella sua orbita. Tutti i movimenti regolari ed irregolari, che osservansi nel Sole, nella Luna, ne' pianeti, nelle stelle fisse, ed in tutti i cieli, tutti si presentavano spontaneamente alla vista degli astronomi nella supposizione del moto della terra, e tutti que' fenomeni de' corpi celesti, che nell'altre ipotesi parevano, e si chiamavano irregolarità, comparivano regolarissimi, e necessarj nel sistema copernicano (*a*). E Copernico collo stabilimento del suo ben discusso e maturato sistema piantò la base della moderna e vera astronomía, e della giusta, e distinta idea della costituzione dell'Universo. Questo sistema, pubblicato nel 1546, e riconosciuto utilissimo da molti astronomi, e dallo stesso cardinale Schonberg, che sollecitarono l'autore per la sua pubblicazione, restò nondimeno oscuro, e quasi dimenticato, o riguardato soltanto come un ingegnoso paradosso, nè eccitò nel mondo astronomico quello strepito, che la sua importanza doveva esigere, nè ottenne per tutto quel secolo particolare celebrità: il Retico, il Reinold, il Moestlin, e poc'altri furono i suoi dichiarati partigiani; ma soli il Keplero, ed il Galileo gli diedero fama universale, e lo fecero abbracciare da tutti gli astronomi come una vera scoperta. Dopo il Copernico non ebbe l'astronomía

(a) *De revolut.* ec. cap. x, e al.

Reinold. seguaci, che le recassero molto splendore: il Reinold si fece nome colle sue tavole, dette *Pruteniche* in onore del prussiano Copernico, secondo il cui sistema le aveva composte. Il Nugnez. Nugnez, o Nonio, fu benemerito dell'astronomía, non tanto per avere sciolto il problema del giorno del menomo crepuscolo, che ha occupato anche i matematici de' nostri dì, e per averci dato un assai pieno trattato intorno a' crepuscoli, e varj scritti astronomici, quanto per aver inventato l'utilissimo stromento di divisione ben conosciuto col nome di *Nonio*. Guglielmo landgravio di Hassia-Cassel. Celebre è nella storia dell'astronomía Guglielmo IV landgravio d'Hassia-Cassel, il quale, ajutato dal Rotman e dal Birge, arricchì quella scienza di molte, ed esatte osservazioni, Moestlin, ed altri. conosciute col titolo d'*Osservazioni assiane*. Il Moestlin sparse i semi di varie scoperte, che poi Ticone, il Galileo, e il Keplero fecero germogliare. L'Appiano, il Mugnoz, e molt'altri si facevano a que' tempi nominare con lode in quella scienza; ma tutti rimasero oscurati dallo splendore del gran Ticone, secondo, e più vero padre della moderna astronomía.

Nelle scienze generalmente la pratica è la serva, e ministra della teorica, pel cui ajuto è istituita; ma nell'astronomía forma una parte sì nobile e interessante, che quasi diventa principale, e padrona, ed ha sotto di sè la teorica. Vasti pensieri, ed ingegnose teoríe non mancavano agli antichi greci; ma destituti degli strumenti, e de' metodi d'osservare, de' mezzi, ed ajuti di conoscere la verità, spacciarono le loro immaginazioni, non fecero vere scoperte, nè poterono Ticone. produrre alla scienza astronomica notabili avanzamenti. Ticone fu il riformatore dell'astronomía pratica, come Copernico della teorica. Sentì il bisogno di più perfetti stromenti, ingrandì, e migliorò gli usati allor dagli astronomi, e ne inventò, e ne fece lavorar altri molto più esatti, ed immaginò meto-

di più opportuni, e più giusti, onde poter dare alle sue osservazioni maggior perfezione, correggere l'inesattezza di quelle degli altri, accrescere la precisione, e giustezza, e scoprir nuove verità; e divenne maestro universale dell'arte d'osservare, lasciandoci un'istruttiva descrizione di tutti gli stromenti, della loro costruzione, e de' loro usi, ed una meccanica della astronomía (*a*). Il primo frutto delle sue osservazioni fu l'esatta notizia della nuova stella comparsa nella costellazione di Cassiopea, e dopo più d'un anno di nuovo sparita, di cui egli descrisse la grandezza, il lume, il colore, la posizione, ed in qualche modo la distanza, dimostrando incontrastabilmente la sua mancanza di paralasse: ed è bene strana combinazione, che a' soli Ipparco, e Ticone, ai due che sono stati i primi veramente astronomi fra gli antichi e fra' moderni, sia toccata la medesima sorte di scoprire, e d'osservare comodamente una nuova stella. Questa scoperta indusse Ipparco ad intraprendere la grand'opera di numerare le stelle, e di formarne un catalogo: la medesima istigò Ticone a rivedere per sè stesso tutte le stelle, fissarne la giusta posizione, distenderne un più esatto catalogo, e riformare l'astronomía. Una cometa dappoi comparsa fu anch'essa feconda di nuove osservazioni, e di nuove scoperte a Ticone. Egli la osservò di pochissima, o di quasi nessuna sensibile paralasse, e trovò, che le comete sono superiori all'orbita della Luna; e benchè le crede come meteore, esaminò il loro corso, e pensò nondimeno, che si potessero muovere in una curva regolare intorno al Sole; onde distrusse l'errore troppo dominante nelle scuole della sodezza ed impenetrabilità delle sfere celesti; ed il distruggere un troppo radicato errore è spesso più vantag-

(a) *Astron. instaur. Mechanica*.

gioso alle scienze che lo scoprire una verità. La vera dottrina delle rifrazioni, e la dimostrazione, e la calcolata determinazione de' loro effetti, e delle correzioni, che ne dovevano derivare nelle osservazioni, si può dire tutta di Ticone, benchè abbia egli preso ancor qualche sbaglio. Le scoperte d'una terza disuguaglianza nella Luna, oltre le due già prima riconosciute da Ipparco, e da Tolemmeo, e d'una variabilità nell'inclinazione della sua orbita, ed una più vera, e giusta cognizione de' movimenti della Luna accrescono di molto i meriti di Ticone nell'astronomía (a). Non parlerò del famoso suo sistema, che fa muovere tutti i pianeti intorno al Sole e la Luna, ed il Sole con tutti i pianeti intorno alla terra: il rispetto ad alcune espressioni della Scrittura l'indusse a tenere la terra ferma ed immobile, e le sue astronomiche cognizioni l'obbligarono a far muovere i pianeti intorno al Sole; onde formò un sistema, che appoggiò in gran parte il copernicano; ma nè piacque a' copernicani, nè a' tolemmaici. La sua specola, e la sua città del cielo, od *Uraniburgo* nell'isola di Huena, la sua passione per l'astronomía, e la generosa liberalità del re di Danimarca Federigo II nel secondarlo sono troppo note in tutte le storie, perchè ne dobbiamo fare lungo discorso. Noi ci vantiamo ne' nostri tempi e nelle nostre contrade d'amore e di protezione delle scienze: ma dove trovarne un sì luminoso esempio, come cel danno nella Danimarca nel secolo decimosesto Ticone, e Federigo? Tutti i monarchi di quel tempo pareva che gareggiassero nel fare onori a Ticone, che onorava l'astronomía: nè solo il re di Danimarca, ma quello altresì d'Inghilterra, il landgravio d'Hassia-Cassel, l'imperadore Rodolfo si resero cari alla posterità

(a) *Progymnasm.*

col tributare onorificenze, e compartire favori al nuovo padre, e creatore dell'astronomía. Non sono però questi i monumenti, che rendono immortale ne' fasti delle scienze il nome di Ticone: una nuova astronomía pratica da lui creata, un nuovo catalogo delle stelle fisse, colla giusta loro posizione, una più vera cognizione delle comete, una più perfetta teoría delle rifrazioni, nuove scoperte nella Luna, nuove osservazioni su tutti i pianeti, correzioni d'errori, invenzioni di stromenti, di metodi, e di verità, universale riforma di tutta l'astronomía sono i veri titoli di Ticone per l'immortalità del suo nome.

Colla scorta di sì illustre maestro fece a que' tempi l'astronomía rapidissimi avanzamenti. Non parlerò della correzione gregoriana del calendario, che s'eseguì allora coll'opera principalmente del Lilio, e del Clavio, della quale abbiamo già parlato trattando della cronología. I grandi astronomi, le utili invenzioni, gli strepitosi progressi si succedono in questi due secoli con tale continuità, che appena ci rimarrà il tempo d'accennarli soltanto, senza poterli mettere in qualche lume. Infatti, che vasto campo non ci aprono di lunghi ragionamenti al principio del passato secolo il Keplero, ed il Galileo, i quali entrano a parte con Copernico, e con Ticone nell'onore della riforma, o della creazione d'una nuova astronomía, e li superano nella grandezza, ed utilità delle loro scoperte. Se Copernico mise in ordine i corpi celesti, e piantò il sistema dell'universo, Keplero regolò i loro moti, e fu il loro legislatore. Le orbite ellittiche de' pianeti, e le leggi de' loro movimenti, famose sotto il nome di leggi di Keplero, sono la soda e vera base di tutta la moderna astronomía. L'orbite circolari, gli eccentrici, e gli epicicli sono i caratteri dell'antica; mentre Copernico, e Ticone li lasciano sussi-

Keplero.

stere, non si può ancora dire riformata la scienza astronomica; al fissare Keplero l'ellissi, e condurre per esse i pianeti, sparisce la complicatezza dell'antiche immaginazioni, e si presenta la semplicità, e chiarezza della verità. Le osservazioni di Marte incominciate da Ticone, portate da Keplero più oltre, gli fecero vedere tali irregolarità nel suo moto, che non potevano adattarsi a verun circolo eccentritico, ed addimandavano un'ovale. Ne immaginò egli una, colla quale credè di tenere soggetto quel pianeta; ma vide, che gli sfuggiva, e che girava liberamente fuori di quella nuova ovale da lui ideata. Pensò allora all'ecclisse ordinaria; e trovò, che il suo pianeta si contentava realmente di contenersi entro quella curva, o, com'egli diceva poeticamente, il suo prigioniere non tentava più di scappare. Fissò dunque il corso di Marte in un'orbita ellittica; ed applicando questa al giro degli altri pianeti, trovò che tutti vi si arrendevano facilmente, e stabilì la grande scoperta astronomica, che i pianeti si muovono in orbite ellittiche, non, come fin allora s'era creduto, in circolari. Quindi osservando, che nell'afelio, o apogeo, avevano un moto più lento che nel perielio, o perigeo, si studiò di trovare qualche proporzione fra un luogo e l'altro, e scoprì, che prendendo un triangolo dal Sole, o dal centro dell'ellisse fino a due punti dell'orbita percorsi in un dato tempo dal pianeta, non saranno certo in tempi uguali uguali gli archi dell'orbita compresi fra que' due punti, ma saranno bensì uguali sempre le aree in tempi uguali; e questa è la prima legge, che impose agli astri il Keplero. L'altra riguarda le differenti velocità de' pianeti reciproche delle distanze, e ne stabilisce la proporzione, cioè, che i quadrati de' tempi periodici sono come i cubi delle distanze. Queste due leggi, trovate vere da Keplero in tutti i pianeti riguardo al Sole, e

nella Luna riguardo alla terra, sono state poi felicemente applicate a' satelliti ed alle comete, ed in tutti i corpi celesti si sono sempre più confermate. Keplero ebbe come Ipparco e Ticone la sorte di vedere una stella nuova nel piede del Serpentario, di cui fece un'acuratissima descrizione. Queste nuove stelle col miglioramento dell'astronomía, e colla maggior attenzione degli astronomi, divennero assai comuni, e perderono in gran parte il pregio della rarità. Anzi se ne scoprirono di specie diverse, e s'osservarono in esse notabili differenze, comparendo alcune all'improvviso, e poi affatto svanendo, altre seguendo certi periodi, in cui prodursi ed occultarsi, senzachè si sia finora scoperta, per quanto il Maupertuis, ed altri ne abbiano scritto, la vera cagione di tali accidenti. Ma ritornando al Keplero, egli ebbe il merito di arricchire l'astronomía delle famose tavole dette *Ridolfine*, le prime che sieno state degne di comparire nella luce della moderna scienza: egli inventò metodi d'osservare, e di calcolare, che sono anche seguíti fino a' nostri dì; egli ci lasciò molte interessanti osservazioni; egli trattò con maestría e novità delle rifrazioni astronomiche, e delle paralassi; egli insomma è stato per molti titoli benemerito della scienza astronomica. Ma in Keplero non sono da considerarsi queste particolari vedute, e particolari scoperte: le leggi generali, che diriggono tutti gli astri; il piano universale, che collega mutuamente le scienze l'une coll'altre, che vede le reciproche relazioni di tutti i corpi, ch'entra intimamente nel maneggio delle secrete molle della natura, che regola, e governa tutto il mondo, sono le opere degne della superior mente del gran Keplero. A lui dobbiamo l'unione dell'ottica coll'astronomía, e l'accorgimento de' vantaggj, che può questa ricavare dalle ottiche cognizioni. Ma il maggiore ed il principalis-

simo suo merito nell'astronomía è l'unione, che tentò di fare di questa colla fisica, e l'avere cercato di ridurre alle leggi comuni della natura i moti tutti delle stelle, e tutte le operazioni de' cieli. Gli astronomi antichi e i moderni s'erano contentati di vedere, e d'intendere in qualche modo i fenomeni, senza prendersi cura d'indagarne le cagioni: contenti di contemplare l'esterno di questa gran macchina, non cercavano di esaminarne l'interna costruzione; immaginavano cicli, epicicli, e centri meramente ideali e fittizj, e purchè questi si convenissero cogli osservati fenomeni, poco loro caleva di verificarne la realtà. Keplero da savio filosofo non si appagò di queste immaginazioni, nè credè verisimile che i moti celesti si facessero intorno a centri fittizj, che nessuna influenza, o relazione potevano avere con essi, nè che la natura li producesse senza una qualche cagione fisica, che li esigesse, e li regolasse, e si diede a studiare questa cagione, ed a carpire questo secreto della natura. Frutti di tali ricerche furono alcune scoperte astronomiche, ed alcune felicissime congetture, forse più utili che le stesse scoperte, e più feconde di nuove, e sublimi verità. L'attrazione universale di tutti i punti della materia, il mutuo collegamento di tutti i corpi, l'influenza del Sole su l'irregolarità del moto della Luna, e della Luna su le maree, e varie altre scoperte della moderna fisica, e dell'astronomía furono conosciute, e indicate da Keplero, benchè non abbastanza seguíte, ma abbandonate da lui alla più illuminata posterità. Forse alle congetture del Keplero è dovuta la grandiosa teoría del Newton; e certo le sue congetture, e le sue scoperte sono il fondamento di tutta la parte teoretica della moderna astronomía; e il Keplero dovrà sempre venerarsi come il più vero padre, e il più fecondo creatore di questa novella scienza, come il più valen-

te eroe, che avesse fin allora dominato ne' cieli, come uno de' più gran genj, che sieno venuti alla luce del mondo.

Contemporaneo, ed amico di Keplero fu Galileo, l'unico, che potesse aspirare a superarlo, e che potesse riguardarlo con qualche rivalità. Keplero fu il legislatore de' cieli, Galileo ne divenne conquistatore; ma bisogna pur confessare, che le scoperte del Galileo si deono in parte al caso, quelle del Keplero sono tutte opera del suo genio, e nobili sforzi del suo ingegno, e della sua immaginazione. Qualunque sia stato l'inventore del telescopio, fu pensiero felice del Galileo, d'immortale gloria alla sublime sua mente, e d'infinito vantaggio all'astronomía, l'applicarlo ad esaminare le stelle, ed a inoltrarsi ne' cieli. Gli stromenti sono le ali, con cui gli astronomi s'inalzano a penetrare nelle regioni celesti. Luna, Sole, pianeti, e stelle fisse, tutto comparve in un nuovo aspetto; nè vi fu parte alcuna in tutto il cielo, che non ricevesse dal telescopio del Galileo qualche riguardevole novità. Contemplò le stelle fisse; e al suo sguardo nacquero in ciascuna costellazione infinite stelle sepolte per tanti secoli in un'impenetrabile oscurità: le dotò d'una luce propria e nativa, di cui sono privi i pianeti; ma tolse loro all'opposto quell'irradiazione avventizia, che mostrano agli occhi nudi, e le spogliò di quella parte del loro splendore, che tutti fin allor avevano creduto essere propria de' loro corpi. Esaminò Saturno; e secondo l'espressione del Keplero (*a*) vinse quel Gerione di tre corpi, e lo trasse da' secreti aditi della natura, presentandolo agli occhi di tutti. Trovò questo pianeta accompagnato da due piccole stelle a' suoi fianchi, ch'erano parte dell'anello, che poi gli scoprì dintorno l'Ugenio. L'esa-

Galileo.

(a) *Dioptr.*, Praef.

minò di nuovo dopo qualche tempo, e lo trovò solitario senza la compagnía di quelle stelle; ma meditandovi sopra predisse, che dentro cinque o sei mesi si sarebbe di nuovo veduto accompagnato come prima; e tale infatti essendo stato veduto dal Castelli, il Galileo, che più non poteva osservarlo, conobbe, che questi cambiamenti dovevano avere i loro periodi, che sarebbe toccato alla posterità lo scoprirli. Questi infatti sono l'apparizione, e disparizione dell'anello, che si sono realmente scoperte, e si predicono senza difficoltà dagli astronomi, com'abbiamo veduto a' nostri dì (*a*). La scoperta prediletta del Galileo fu intorno a Giove de' quattro suoi satelliti, di cui egli calcolò i periodi, e ne formò le tavole, e pel cui mezzo promise di trovare in mare, e in qualunque sito la tanto desiderata longitudine. L'astronomía, la geografía, la nautica, l'ottica, e tutta la filosofia deono infiniti lumi a questa scoperta; ed è somma lode del Galileo non solo l'averla fatta, ma averne subito riconosciuti i vantaggi, e immaginati i mezzi, e proposti i metodi di ricavarli. Che se è stato posteriormente riguardato il Cassini come un portento d'accortezza e di forza d'ingegno per avere costruite le tavole di que' satelliti dopo tant'anni d'osservazioni, quanto non ci dovrà comparire maraviglioso, e divino il Galileo, che fino dal primo, per così dire, lor nascere, seppe formarne tavole da soddisfare in qualche modo al suo sublime ingegno, che non si contentava di qualunque esattezza? Discese a Marte, e vi trovò un lume molto più gagliardo di quello di Giove, e ciò ch'è più interessante, una tale disuguaglianza nell'apparenza del suo diametro, che appena comparisce nella congiunzione $\frac{1}{60}$ di quello, che si mostra nell'op-

(a) V. de la Lande *Astron.* tomo III, §. 3230 ec.

posizione. Lo vide anche all'oriente alquanto scemo, onde venivano scoperte le sue fasi; ma la sua esattezza non potè perfettamente accertarsi di sì importante fenomeno. Se n'accertò bensì pienamente in Venere, e la seguì con tanta diligenza dal suo apogeo, o quando era, diciamo così, Venere piena, fino al suo perigeo, o quando era Venere nuova; e ne spose con tanta distinzione tutto l'andamento delle sue fasi, che lasciò poco da aggiugnere al Bianchini, il quale dopo tanti anni ha voluto ripigliare queste osservazioni, e n'è riuscito con molto onore (*a*). Credeva egli parimente, che avesse Mercurio, come Venere, le sue fasi; ma la troppa di lui vicinanza del Sole non gli permetteva di scoprirle: e se non poteva parlarne dietro alle astronomiche osservazioni, ne discorreva con filosofici, e giusti ragionamenti. La Luna fu il primo, e l'ultimo oggetto degli astronomici suoi sguardi. La scabrosità della superficie, e il metodo di misurare i suoi monti, furono i primi ritrovati, ed argomenti di moltissime opposizioni, che diedero maggiore celebrità alle scoperte de' telescopj: e l'osservazione dell'apparizione, e disparizione d'alcune macchie della Luna, la scoperta della sua *librazione*, l'esame della cagione di questo fenomeno occuparono gli ultimi pensieri astronomici del Galileo. Il Sole eziandío fu per lui un campo fertilissimo di scoperte. Le macchie solari, la loro natura, ed il loro corso, il moto del Sole sul proprio asse congetturato per fisiche ragioni dal Keplero, ed avverato dal Galileo con astronomiche osservazioni, sono sempre più nuovi titoli all'immortalità del suo nome ne' fasti dell' astronomía. Con queste osservazioni, con queste scoperte, con questi lumi non poteva dubitare il Galileo, che non si mo-

(a) V. *Hesperi et Phosphori phoen.* etc. *Romae*.

vessero intorno al Sole tutti i pianeti, e la Luna intorno alla terra; esaminò quindi i fenomeni, che dovevano derivare dal moto diurno ed annuo della terra, e li trovò tutti, sì gli astronomici, che i fisici, tanto conformi alla ragione, ed alle leggi della natura, che non potè tenersi dall'asserire francamente, che muovesi la terra giornalmente sul proprio asse, ed annualmente intorno al Sole, ed abbracciò senza esitazione l'ipotesi di Copernico, la spose in tutto il suo lume, la difese da tutte le opposizioni, la confermò, e sostenne con validissime ragioni, l'ampliò, ed aggrandì co' nuovi fenomeni, e co' nuovi corpi celesti da lui scoperti, e fece sì che quella, che il Copernico propose per sua ipotesi, potesse chiamarsi sistema galileano. Non dirò qui le persecuzioni, e molestie sofferte dal Galileo per motivo di questo sistema: tutti gli scrittori ne parlano fino alla nausea, come se fosse cosa da eccitar la filosofica loro bile. Pur troppo in tutte le nazioni, e in tutte le età uno zelo mal inteso della religione ha fatto commettere violenze, e cadere in errori. Non è nuova a' filosofi la sorte del Galileo; nè è un biasimo particolare di Roma l'avere condannata come contraria alla religione un'opinione filosofica; ma è bensì particolarissima gloria di tutta l'Italia l'avere prodotto un filosofo dell'acutezza, e sodezza, della vastità d'idee, e profondità di mente del Galileo. Copernico propose quel sistema, l'impugnò Ticone, Keplero lo suppose, il solo Galileo l'illustrò, lo confermò, lo difese, e lo munì di tutti i sussidj per reggere a' cambiamenti de' tempi, ed alle opposizioni non solo degli ostinati peripatetici, ma di tutti eziandío gl'incostanti, e novatori filosofi. Istrumenti, metodi, osservazioni, scoperte, teoríe, sistemi, tutta insomma l'astronomia dèe al Galileo molti preziosi lumi; e il Galileo divide col Keplero il principato nella mo-

derna astronomía, ed occupa un luogo distinto fra' più gran genj, che sieno venuti al mondo, fra' più sublimi, e fecondi ingegni, fra' più benemeriti dell'astronomía, e dell'altre scienze. Ma quanto lieti, e felici non dovremo riputare que' tempi, quando, oltre Ticone, il Keplero ed il Galileo, fiorivano altresì lo Scheinero, il Baiero, e tant'altri valenti astronomi? Dalle macchie del Sole ha ottenuta lo Scheinero la principale sua celebrità. La scoperta di quelle macchie è stata pretesa da molti. Giovanni Fabrizio, Simone Mario, il Galileo, e lo Scheinero, tutti se ne vantano per primi scopritori; ma la maggiore contesa è stata fra il Galileo, e lo Scheinero. Veramente conosciuto che fu il telescopio, ed accresciuta con esso la voglia d'osservare le stelle, era facile che fossero da molti vedute le macchie solari, le quali in realtà sono molto visibili. E in questo, stando, come pare che dobbiamo starci, al testimonio degli stessi autori, l'anteriorità di tempo sembra doversi accordare al Galileo; sebbene lo Scheinero fece da sè la stessa scoperta senza saputa della galileana. Ma il metodo d'osservare tali macchie, l'esame della loro posizione, della lor figura, de' lor movimenti, e de' vantaggi, che dalla loro cognizione si possono ricavare, la congettura su la loro natura, e su la loro origine, e tutta insomma la teoría di tali macchie viene esposta dallo Scheinero con tale pienezza, ed originalità, e raccontane con tale ingenuità tutta la storia dell'osservazioni, che non parmi che lasci luogo a contrastargli la gloria dell'invenzione (*a*). E certo lo Scheinero fra molte inutili disquisizioni, e ridicole espressioni riporta tante nuove ed interessanti verità, che merita certamente un onorato posto fra gli astronomi più rinomati. Il

Scheinero.

(a) *Rosa Ursina* lib. I ec.

Baiero. Baiero è celebrato per la sua *Uranometria*, e per averci presentate le regioni celesti, come altri fanno le terrestri, in carte uranografiche, che godono anche presentemente la stima de' dotti astronomi. Il Gassendo, erudito filosofo, e diligente osservatore, ebbe molti meriti nell'astronomía; ma gli è venuta presso i posteri la maggiore celebrità dall'essere stato il primo a vedere Mercurio nel suo passaggio sotto il disco solare (*a*); perchè sebbene alcuni antichi, ed altri moderni, perfin lo stesso Keplero, crederono d'averlo veduto, dimostrò poi il Galileo altro non essere stato l'immaginato Mercurio che qualche macchia del Sole; e Keplero infatti ne restò persuaso. Un onor simile rispetto ad un altro pianeta ha reso illustre nell'astronomía il nome dell'Horrox, degno anche altronde delle lodi degli astronomi, per avere anch' egli prima d'ogni altro avuta la sorte di vedere Venere innanzi al Sole, ed essere il primo, che si possa citare per l'osservazione di tal passaggio. Il Bullialdo, il Lansberg, il Morin, il Vandelino, lo Snellio, e parecchj altri nella prima metà del passato secolo coltivavano con profitto gli studj astronomici; e da per tutto vedevasi il genio dell'osservazione e delle ricerche, il desiderio delle scoperte, l'amore dell'astronomía. Intanto il Cartesio, senza imbarazzarsi in osservazioni ed in calcoli, lasciandosi trasportare dalla sua immaginazione, credè d'avere ritrovata la forza, o il principio fisico, onde dovessero prodursi tutti i movimenti, e i fenomeni de' corpi celesti. Keplero aveva già incominciata una simile ricerca, e n'aveva date parecchie congetture, alcune delle quali toccavano assai di presso alla verità; ma non giunse a formare un piano, ed ordinare un sistema, in cui tutti i fenomeni si ve-

Margin notes: Gassendo. Horrox. Cartesio.

(a) *Mercurius in Sole visus.*

dessero collegati, e derivati tutti da un sol principio secondo le leggi della natura. Questo fece il Cartesio co' famosi suoi vortici: formò del nostro sistema planetario un vasto vortice, nel cui mezzo era il Sole, e volle che le differenti sue parti si movessero con disuguali velocità, e facessero variamente girare all'intorno i pianeti, e spiegò così con molta sottigliezza i fenomeni, e formò la sua fisica, e meccanica astronomía. Noi non possiamo seguire le ragioni, con cui Cartesio, ed i suoi seguaci, singolarmente il Bernoulli, hanno cercato di sostenere questo specioso sistema, nè le obbiezioni all'opposto, con cui i suoi avversarj, o i partigiani della verità l'hanno invincibilmente distrutto: or più non riguardasi quel sistema che come un piacevole sogno d'una brillante immaginazione; ma questo sogno però è stato forse il principio, che ci ha fatto trovare le tracce del vero andamento della natura nella costituzione dell'universo. Se Cartesio non avesse proposto un falso principio de' movimenti de' corpi celesti, e del sistema del mondo, non avrebbe forse trovato Newton il vero, o non l'avrebbe neppur ricercato.

Colla produzione di tanti celebri astronomi si animava sempre più quello studio, e cresceva l'ardore d'illustrare con nuove scoperte l'astronomía. Allora l'Evelio arricchì la sua scienza colla *Selenografia*, e colla *Cometografia*; due opere sommamente pregevoli ed interessanti. Egli studiò la Luna, e ci diede un'esatta descrizione della sua grandezza e figura, delle sue fasi, e delle sue macchie, colle carte, che le rappresentano, e colla spiegazione de' vantaggi, che se ne possono ricavare: la natura della Luna fu da lui esposta con maggiore chiarezza, e verità: il moto libratorio della medesima osservato dal Galileo venne da lui illustrato con nuove ragioni; e la Luna, tante volte veduta e riveduta, allora so-

Evelio.

lamente cominciò a lasciarsi conoscere in tutti i suoi aspetti. Da fino osservatore, quale egli era, seguì nel loro corso alcune comete, ne fissò la paralasse, e ne calcolò le distanze, ne segnò le posizioni, e determinò la linea del loro moto, e ci diede nella sua cometografia un'opera sì erudita, e profonda, che non ostante qualche suo errore è stata sempre riguardata come classica, e magistrale. L'Evelio osservò il passaggio di Mercurio sul disco solare nel 1661; lo descrisse con esattezza, e ne didusse le conseguenze (a). Tentò anche di fissare gli astronomici suoi sguardi in Saturno: ma questo pianeta, che s'era incominciato a far vedere dal Galileo, si volle tenere riservato pe' vezzeggiamenti di due altri matematici non meno illustri, l'Ugenio, ed il Cassini. L'Ugenio, benemerito, come abbiamo veduto, delle altre parti delle matematiche, lo volle anche essere dell'astronomía. Oltre i notabili giovamenti che recò all'astronomía pratica coll'invenzione dell'orologio, del suo cannocchiale, e del primo saggio del micrometro, ed alla teorica colla dottrina delle forze centrali, e della figura della terra, s'applicò anche alle osservazioni, e fece alcune scoperte, che gli diedero giusto diritto di essere riposto fra' grandi astronomi. Una banda oscura sul globo di Marte, ed una stella nebulosa nell'Orione sono ritrovati delle sue osservazioni. Ma il teatro delle sue glorie astronomiche fu Saturno. Quelle anse, que' dischi, quegli appoggi, che si vedevano in Saturno, ma non potevano intendersi, furono finalmente conosciute dall'Ugenio per un anello, che lo circonda; e tutta la teoría dell'allor conosciuto anello di Saturno, della sua natura, de' periodi della sua apparizione e disparizione, tutta è dovuta alle diligenti osservazioni, ed

Ugenio.

(a) *Mercurius in Sole visus.*

alle sode speculazioni dell'Ugenio. Coll'esaminare sì frequentemente l'anello, e tutto ciò che circonda Saturno, vi scoprì l'Ugenio un satellite; e queste scoperte hanno reso il suo nome più glorioso nell'astronomía che quello di tant'altri più laboriosi astronomi, ma meno attenti, o meno felici osservatori. Non vogliamo confondere nella folla di questi il rinomato Riccioli; perchè sebbene è vero, che non ha arricchita l'astronomía di qualche particolare metodo d'osservare, e di calcolare, o di qualche distinta scoperta, pur somma lode merita l'indefesso suo zelo nel dedicare intieramente a quella scienza tutti i momenti della sua vita, osservare notte e dì, replicare l'altrui osservazioni, e farne altre nuove, legger tutto, conoscer tutto, raccoglier tutto, e colle immense sue fatiche darci unite e ben ordinate le osservazioni, i metodi, le opinioni, i calcoli di tutti i secoli, e presentarci un pieno, e compiuto quadro di tutta l'astronomía. Se noi ameremo negli scrittori l'utilità dell'opere più che lo splendore della novità, dovremo professare grata riconoscenza al Riccioli, il quale, se non s'è reso illustre con nuove scoperte, è stato, ed è tanto utile per le sue opere, che hanno formati molti altri astronomi, ed hanno fatto nascere molte scoperte. A quel tempo, cioè dopo la metà del passato secolo, mentre l'Evelio, e l'Ugenio illustravano con nuove scoperte l'astronomía, si formava per questa un nuovo ristoramento, e sorgeva una nuova, e più illustre epoca. L'astronomía pratica acquistava maggiore finezza, e perfezione. I grandissimi cannocchiali del Campani e dell'Ugenio aprivano nuovi campi a' curiosi sguardi degli astronomi. Alla maggiore estensione della lor vista si univa la maggiore facilità di determinare il preciso tempo dell'osservato fenomeno coll'ajuto dell'orologio a pendolo dell'Ugenio. Il micrometro, ch'ebbe il primo incominciamento da

Riccioli.

Miglioramenti della astronomía pratica.

un piccol saggio dello stesso Ugenio, e fu migliorato alquanto dal Malvasía, e poi ridotto a pratica perfezione, e ad uso comune dall'Auzout (*a*), diede alle osservazioni molto maggiore precisione, e fu più fedele, e sicura scorta agli astronomi per le loro determinazioni. L'applicazione, allor immaginata dal Roberval, dall'Auzout, o da chicchessiasi, de' cannocchiali in luogo delle pinnule, e delle alidade a' quadranti, ed a' grandi stromenti, conduceva lo sguardo degli osservatori con maggiore aggiustatezza al fissato oggetto, e dava più sicurezza alle osservazioni. Gli osservatorj di Parigi, e di Greenwich, allora eretti con una finezza di mire, ed esattezza d'esecuzione superiori di gran lunga a' grandiosi osservatorj, non solo degli arabi, ma de' danesi, e degli alemanni, furono un nuovo ajuto per la perfezione della pratica astronomía. Questa nuova giustezza, e precisione, questa maggiore esattezza, e finezza teneva inquieti i moderni astronomi, nè li lasciava riposare su le osservazioni, misure, e determinazioni de' precedenti, ma gli obbligava a rivederle, rifarle, e verificarle tutte. Quindi la grande, ed accuratissima operazione del Picard di misurare la terra, non contentandosi nè delle antiche misure d'Eratostene, e degli arabi, nè delle moderne di Fernel, Snellio, e Riccioli. Quindi il viaggio del medesimo Picard ad Uraniburgo, per meglio conoscere, e porre nel giusto lor prezzo le operazioni astronomiche di Ticone. Quindi tant'altre gloriose imprese, alcune delle quali noi ora rammenteremo nel parlare del gran Cassini, che le animava, e d'altri, che n'ebbero parte.

Cassini.

Cassini può dirsi il riformatore della moderna astronomía, come lo era stato dell'antica Ticone. Non vi fu parte del

(a) V. de la Hire *Ac. des Sc.*, *an. 1717*.

cielo, dove egli non trovasse da correggere, da aggiungere, da levare, dove non facesse qualche notabile riforma, dove non si nobilitasse con qualche grandiosa scoperta. Il primo soggetto, che si presentò agli astronomici suoi sguardi, fu fortunatamente una cometa, quella sorta di corpi celesti, che più abbisognava dell'illustrazione d'un Cassini. Le comete hanno sempre eccitata, com'è naturale, la curiosità degli uomini, ma hanno occupate più le speculazioni de' fisici, che le osservazioni degli astronomi. Gli egiziani, i quali, al dire di Seneca, fecero particolare studio de' cieli, niente dissero delle comete. I caldei sembra ch'esaminassero più attentamente questa materia; perche secondo il testimonio d'Apollonio mindiano ponevano le comete nel numero de' pianeti, e ne conoscevano il loro corso. Ma bisogna che questa opinione fosse peculiare d'alcuni pochi, o si tenesse molto secreta, ed andasse in dimenticanza; poichè Epigene, che si portò a studiare da' caldei, asseriva niente aver essi di stabilito, e certo sulle comete, ma crederle soltanto accese accidentalmente da un turbinoso vento (*a*). Infatti nè Tolemmeo, nè Ipparco, nè Eratostene, nè verun altro astronomo greco parlano di quell'opinione de' caldei, nè ancor dopo la notizia recatane da Apollonio, e dopo i suoi argomenti per appoggiarla non hanno curato d'esaminare le comete, e le hanno trascurate nelle loro osservazioni come semplici meteore. Il solo Seneca di tutta l'antichità abbracciò colla forza, ed energía della sua immaginazione quest'idea astronomica de' caldei, nè dubitò in questa parte d'abbandonare i suoi filosofi, e rispose sodamente a tutte le loro obbiezioni, osservò il corso di due comete, e lo trovò orbiculare, e curvo, quale non l'hanno le

(a) Seneca *Quaest. nat.* lib. VII, c. III.

meteore, ma soli i pianeti, e fissò con asseveranza, propria soltanto d'un'intima e ferma persuasione, che le comete sono come i pianeti, che hanno i loro corsi periodici e regolari; che se allora non conoscevansi tali periodi a motivo delle poche comete, che s'erano ancor vedute, anche i corsi dei pianeti, che pur vedonsi tuttodì, non erano stati conosciuti che poco prima, e che sarebbe venuto un tempo, in cui sarebbono ugualmente conosciuti que' delle comete, e si sarebbono maravigliati i posteri della cecità degli antichi, che non vedevano cose sì chiare (*a*). Con sì ragionevoli discorsi di Seneca sembrava, che dovessero scuotersi gli astronomi, e chiamare nel loro regno le comete come altrettanti corpi celesti. Ma prevalse il comune pregiudizio, e non vi fu astronomo nè greco, nè arabo, nè latino, che si degnasse di contemplarle, ma tutti le abbandonarono a' fisici, come semplici meteore. Regiomontano fu il primo, che pensasse a seguirle coll'occhio astronomico nell'incerto lor corso. Cardano pel movimento, e per la paralasse le credè assai al di sopra della Luna. Ticone le fece correre per una linea circolare in una regione superiore alla Luna; ma le credè ancora meteore. Galileo ancor dopo la scoperta di Ticone seguitò a sostenere la bassa nascita delle comete. Evelio studiò più di tutti questa materia, e fondato sulle osservazioni sue e d'altrui diede al corso delle comete una curvità, che aveva del parabolico, ma sempre credendole meteore prodotte dalle esalazioni de' pianeti. Varie, e strane opinioni immaginarono gli astronomi per ispiegare la loro natura, quali vengono sposte eruditamente dal Pingrè, a cui noi rimettiamo i lettori (*b*). Cassini stesso

(a) Ivi cap. XXIV e XXV.

(b) *Cometographiae* tom. I.

seguì da principio il comune pregiudizio di riguardarle come corpi fortuiti, e destruttibili, che seguono corsi disuguali ed irregolari senz'attenersi ad alcuna stabile legge; ma riflettendo poi che i movimenti delle comete potrebbono essere soltanto in apparenza disuguali, ed avere realmente una regolarità come i pianeti, esaminandoli con maggiore attenzione, e con nuove mire parvegli più conforme alla ragione, ed a tutte le osservazioni de' fenomeni il farli tali, ed ebbe il coraggio di riporre le comete fra' corpi celesti, dare loro la stessa antichità, e regolarità de' pianeti, ed assoggettarle alle stesse leggi negl'irregolari lor movimenti. Il fino suo occhio, e le profonde meditazioni gli diedero una tale accertatezza nella cognizione del movimento delle comete, che potè dopo due osservazioni descriverne tutto il corso, potè predire che le stesse comete dovevano dopo un certo tempo ricomparire di nuovo, e potè darci una più nobile, ed in qualche parte assai giusta teoría di que' corpi celesti, sconosciuti, ed anche trascurati per tanti secoli. Quale lode del filosofo Seneca avere egli colla forza del suo ingegno afferrata subito una verità, che non s'è voluto meno di sedici secoli, nè meno delle replicate osservazioni, e meditazioni di Regiomontano, di Keplero, e d'Evelio, e del genio del gran Cassini per darla ad intendere, e farla abbracciare agli astronomi? L'opinione del Cassini venne poi dimostrata dal Newton, ed assicurata incontrastabilmente dall'Allejo, e dal Clairaut, e il Cassini col dare alle comete la natura di corpi celesti arricchì il cielo d'una folla immensa di abitatori, ed aprì all'astronomía un nuovo, e vastissimo campo, dove spaziarsi con diletto ugualmente che con profitto. La teoría del Sole fu un nuovo teatro alla gloria astronomica del Cassini. La reale disuguaglianza di velocità nel suo moto in diversi tempi del-

l'anno era un punto molto contrastato fra gli astronomi, nè si sapeva trovare il modo di cercarne la decisione. La trovò il Cassini col formare la meridiana di San Petronio di Bologna, ch'egli poeticamente chiamava l'*Oracolo d'Apollo*. Non dirò le attenzioni, e i riguardi quasi superstiziosi, che il Riccioli chiamava *più angelici, che umani*, che adoperò il Cassini nella costruzione di quel gnomone: non rammenterò i molti vantaggi, ch'egli, ed altri astronomi suoi successori ne hanno saputo riportare; dirò solo al nostro proposito, che la disuguaglianza, non solo apparente, ma altresì reale, di velocità nel moto del Sole, minore nella state che nell'inverno, fu decisa senza contrasto; che si conobbe più esattamente la paralasse, e la distanza del Sole, e se ne poterono distendere nuove tavole; e che si formò allora una nuova, e più giusta teoría del Sole. Dalla meridiana di San Petronio imparò anche il Cassini una nuova dottrina su le rifrazioni. Ticone, e gli altri astronomi e fisici le credevano soltanto sensibili fino a' 45 gradi d'altezza, nè si curavano di calcolarle di più; ma il Cassini trovò che realmente si estendevano fino allo zenit, e riformò quindi le tavole, e la teoría delle rifrazioni. Il veritiero suo oracolo non lasciò di rispondere fedelmente a tutti i suoi consulti, e gli scoprì in pochi giorni più verità, che non poterono ricavare in tanti secoli gli antichi da' più celebri lor oracoli: e la meridiana di Bologna è stata più feconda d'interessanti scoperte, che tutte le altre meridiane, che si ritrovano per l'Europa. L'onore de' gnomoni sembra che sia stato proprio dell'Italia: i primi, i più grandi, i più utili, i più rinomati si trovano nell'Italia, e si devono agl'italiani. Prima dell'or nominato del Cassini fino dal secolo antecedente n'aveva nello stesso tempio di San Petronio eretto un altro, benchè imperfetto, Egnazio Dante, per mostrare quanto si fos-

se slontanato l'equinozio della primavera dal 21 di Marzo, e cooperare così alla grand'opera della correzione del calendario. Ma assai prima anche di quel del Dante fin dal precedente secolo, verso il 1468, n'eresse un altro nella chiesa cattedrale di Firenze Paolo Toscanella, il più antico, e il più grande, che si conosca in tutta l'Europa. Questo pregevolissimo monumento era rimasto per quasi tre secoli sconosciuto ed oscuro, finchè dopo la metà del presente venne scoperto, ristorato, e rimesso ad uso dal dotto matematico Ximenes, il quale vi ha fatte molte osservazioni solstiziali, e scoperte interessanti novità riguardo all'obbliquità dell'ecclittica, e ad altri punti dell'astronomía *(a)*. Ma ritornando al Cassini, non contento di rischiarare co' suoi lumi le comete, il Sole, e le rifrazioni, percorse tutti i pianeti, e gl'illustrò con nuove scoperte. In Saturno scoprì l'Ugenio un satellite; il Cassini gliene trovò altri quattro, ed assegnò a tutti i cinque il loro posto, e la loro orbita; onde il primo scoperto dall'Ugenio non era che il quarto nell'ordine della posizione, e diede l'ultima mano al mondo di Saturno, che ancora dopo i lavori del Galileo, e dell'Ugenio era restato molto imperfetto. In Giove scoprì un moto di rotazione di tale velocità, che compisce tutto un giro in meno di dieci ore, ed un appiattamento a' suoi poli, che vi fa un diametro $\frac{1}{15}$ minore che all'equatore. Ma la più grande, e più gloriosa sua scoperta fu quella de' piani, delle orbite, de' loro angoli, e di tutti gli andamenti, di tutti i periodi, e di tutti i fenomeni de' satelliti di Giove, onde poterne calcolare le tavole, e formarne esatte effemeridi. Venticinque elementi, osserva il Fontenelle *(b)*, o

---

(a) *Del gnomone fiorent.*; *Dissert. intorno alle Osserv. ec.*; *Osserv. solst. ec.*; *Mem. della Soc. Ital.* tom. II. (b) *Eloge de Mr Cassini*.

venticinque cognizioni, o determinazioni fondamentali entrano nelle tavole di que' nuovi astri. Qual vastità di genio, quale forza, e contenzione di spirito ritrovare tutti quegli elementi, tenerli sempre presenti tutti, unirli, ordinarli, metterli in opera, e formarne un edifizio si bene architettato, sì fermo, e sodo, che possa reggere agli attenti e critici esami de' più diligenti astronomi? Così anche il mondo di Giove ebbe, come quel di Saturno, l'ultima sua mano dal gran Cassini, e poco v'è restato che fare di più agli astronomi posteriori. La scoperta della rotazione di Giove gli fece sperare di ritrovarla ugualmente in Marte. E infatti dopo replicate osservazioni e combinazioni la trovò tale, che si compisce in poco più di ventiquattr'ore. La somiglianza del fenomeno in Giove ed in Marte l'invitò anche a cercarlo in Venere; e lo trovò infatti, anzi rivestito di circostanze nel movimento delle macchie, che lo rendono singolare; sebbene non potè appagare la sua esattezza, e lasciò al Bianchini la gloria di dare una piena teoría di quel pianeta. Non parlerò della scoperta del lume zodiacale, non della giusta teoría della rotazione, e della librazione della Luna, non dell'ingegnoso metodo di determinare per tre osservazioni l'apogeo, l'eccentricità, e la disuguaglianza d'un pianeta; non del modo di calcolare l'ecclissi del Sole per la projezione dell'ombra della Luna sul disco terrestre; non di mille altri suoi metodi, e di altri utili ritrovati, di cui è debitrice l'astronomía al gran Cassini: non basterebbe un intiero tomo solamente per questo astronomo, se volessimo riferire distintamente tutte le sue invenzioni; e noi preghiamo d'indulgenza i nostri lettori, se contrastati dal nome di tanto astronomo, e dalla ristrettezza della nostra opera, ci siamo fermati nelle sue lodi meno del suo merito, e più del dovere del nostro istituto. Non pos-

siamo nondimeno abbandonarlo ancora del tutto, e dovremo spesso richiamare la sua memoria nel riferire le lodi e le imprese degli altri astronomi. Infatti la celebre scoperta del Roemero sul moto progressivo del lume, non meno si dèe al Cassini, che allo stesso Roemero. Le continue osservazioni de' satelliti di Giove gli fecero vedere che dall'opposizione fino alla congiunzione di Giove e del Sole il primo satellite ritardava l'emersione dall'ombra del pianeta presso a minuti quattordici; ed egli, come dice il Montucla (*a*), propose subito in uno scritto che pubblicò, che „ questa disuguaglianza sembrava procedere dall'impiegare la luce qualche tempo nel venire dal satellite fino a noi „. Ma riflettendo poi che questo fenomeno s'osserva soltanto nel primo satellite di Giove, non negli altri, abbandonò l'idea di cercarne la cagione nel moto temporaneo della luce, che dovrebbe essere comune a tutti. Abbracciolla però il Roemero, la confermò con più osservazioni, e con più precise determinazioni, la difese dalle contrarie opposizioni, ed ottenne la gloria di passare per inventore della scoperta del moto successivo, e temporale della luce, che ha poi prodotte altre fine scoperte astronomiche del Bradley. Il viaggio del Richer alla Caienna fu opera del Cassini, il quale volle con osservazioni fatte alla vicinanza dell'equatore avverare le sue teoríe del Sole e delle rifrazioni: quindi ne' celebri risultati di quel viaggio, non sol su questi, ma su altri punti importanti, ebbe la sua, e non picciola parte il Cassini. La misura della Francia, ed anche di tutta la terra si dèe non meno al Cassini che al primo autore, il Picard: nella gran questione della figura della terra ebbe anche molta parte il Cassini, benchè non avesse

Roemero.

Richer.

Picard.

(a) Part. IV, lib. VIII.

la sorte di coglierne la verità; e in quasi tutte le grandi imprese, e gloriose scoperte dell'astronomía si vede scolpito con molt'onore il nome del gran Cassini.

Newton. Mentre il Cassini colle sue osservazioni e co' suoi calcoli illustrava tutte le parti dell'astronomía, il Newton colle fisiche, e meccaniche dimostrazioni dava un nuovo essere a tutto il corpo di quella scienza. Cartesio aveva vanamente tentato di spiegare co' suoi vortici i moti de' corpi celesti, e la costituzione dell'universo; il Newton coll'attrazione o gravitazione universale la dimostrò chiaramente. Accennò il Keplero qua e là l'idea di quest'attrazione; ma non la seguì mai giustamente *(a)*: l'Hook, astronomo inglese, che promosse l'ottica, come abbiamo detto *(b)*, e che si fece nome nell'astronomía per alcune sottili osservazioni, andò assai più oltre nella teoría dell'attrazione universale. Conobbe la mutua attrazione de' corpi celesti, la conobbe più forte nelle maggiori vicinanze, e capace di produrre moti ellittici, e l'illustrò con alcune ingegnose, ed utili sperienze; ma non seppe farne un'adequata applicazione a' pianeti, non seppe determinare la ragione della forza dell'attrazione colle distanze, non seppe trovare la legge dell'attrazione, che obblighi un corpo a descrivere un'ellisse intorno ad un altro posto all'uno de' suoi fochi; e lasciò ad altro genio più vasto, più sublime, e meglio fornito degli ajuti della geometría lo spiegare l'arcano della natura, e mostrarci il secreto ordigno, che tiene in moto la gran macchina dell'universo. Questo genio era il Newton, a' cui penetranti sguardi niente v'era di nascosto, e secreto nelle operazioni della natura. Dal semplicissimo, e volgare fenomeno della caduta in terra

(a) *Comment. in stell. Martis.* (b) Cap. IX.

de' corpi gravi s'innalzò egli ad immaginare la gravitazione universale di tutti i corpi, a fissarne le leggi, e a stabilire il regolamento di tutto il mondo. Al considerare, che i corpi gravitano non solo nella superficie terrestre, ma eziandío a qualunque altezza dell'atmosfera, pensò che potesse ugualmente la Luna gravitare verso la terra, i pianeti, e le comete verso il Sole, e i satelliti verso i loro pianeti. Pieno di quest'idea si mise a calcolare le distanze degli astri, e le rispettive loro velocità, e didusse quindi, che l'attrazione potesse seguire la ragione inversa de' quadrati delle distanze. Applicò questa legge al moto della Luna, e trovò realmente ch'essendo la Luna distante dalla terra 60 semidiametri di essa, il suo moto circolare corrispondeva ad una discesa perpendicolare di 15 piedi $\frac{1}{12}$ in un minuto, quale i corpi terrestri fanno in un secondo, ch'è dire, che la forza della sua gravità scema secondo il quadrato della distanza. Onde giustamente conchiuse, che la medesima gravità, che fa cadere i corpi terrestri, muove anche la Luna verso la terra. Fece l'applicazione della stessa legge dell'attrazione alla terra, ed a tutti gli altri pianeti riguardo al Sole, e la trovò in tutti uguale. Esaminò geometricamente quale figura dovrebbe descrivere un corpo mosso, ed attratto da un altro secondo questa legge, e la determinò per un'ellisse, e provò che in essa in tempi uguali sarebbero le aree uguali. Conchiuse dunque, che quest'è realmente la legge dell'attrazione di tutti i corpi, e che quest'attrazione è la forza, che fa girare tutti i corpi celesti in orbite ellittiche intorno ad un corpo maggiore posto in uno de' fochi dell'ellisse. Come l'attrazione è universale, è mutua fra tutti i corpi, e non solo la terra attrae la Luna, ma è anche attratta da questa; e se il Sole attrae i pianeti, questi mutuamente attraggono il Sc-

le, e da questa universale, e mutua attrazione nascono ne' moti de' corpi celesti parecchie disuguaglianze, ed irregolarità. Il Sole, ch'è il centro comune di tutto il sistema solare, non è stabile ed immoto, ma attratto da' pianeti, e da ciascuno secondo la direzione, in cui si ritrova, soffre qualche movimento, benchè pochissimo, per la maggiorità della propria sua massa. La Luna gira intorno la terra, la Luna e la terra intorno al Sole; ma la Luna attratta dalla terra è anche attratta dal Sole, ed ella stessa attrae parimente la terra: onde nè la Luna può muoversi in un'orbita perfettamente ellittica, nè è il centro della terra, che dèe fare intorno al Sole l'ellissi, ma il centro comune del sistema di terra e Luna, il quale cambia continuamente secondo la diversa posizione della Luna. Quindi spiega il Newton le irregolarità, e disuguaglianze del moto della Luna, che tanto avevano dato da studiare inutilmente agli astronomi; quindi il movimento delle apsidi, e de' nodi della Luna e de' pianeti; quindi molt'altri oscuri, ed inintelligibili fenomeni, che sembravano prodotti dalla natura per istabilire, e confermare la teoría del Newton. Cogli stessi principj dell'attrazione misura questo gran genio la densità delle masse di Saturno, di Giove, e della Terra, che hanno i loro satelliti, e congettura ragionevolmente quella degli altri pianeti. Cogli stessi abbracciò anche le comete, e tutto che cotanto profughe ed erranti le rinserrò entro al sistema solare, e le ridusse a compiere orbite anch' esse ellittiche, benchè tanto eccentriche, ed allungate, che si potessero prendere per paraboliche, e stabilì, e fissò la vera teoría delle comete. Il Cassini col dichiarare corpi durevoli le comete, e i loro moti regolari e costanti gettò i fondamenti della cometografía: ma dando loro orbite circolari, che potevano nelle nostre vicinanze calcolarsi come linee di-

ritte, restò ancor lontano dalla vera dottrina. Un diligente osservatore e valente astronomo, Vincenzo Mut, frequentemente citato con molta lode dal Riccioli, fu il primo, a mia notizia, che in un'opera pubblicata in Majorica nel 1666 desse ad una cometa una trajettoria incurvata in una direzione parabolica *(a)*. L'Evelio, avendo in vista il moto de' projetti, diede alle comete un'orbita realmente parabolica, sì prossima alla linea diritta, che appena si discosta da essa uno, o due gradi. La cometa del 1680 apportò agli astronomi più giuste idee. Un tedesco, Doerfell, determinò la sua orbita per una parabola avente il Sole per foco, e attribuì una simile orbita a tutte le comete. Alcuni hanno voluto dare al Doerfell la gloria d'avere preceduto il Newton nella vera teoría di quegli astri *(b)*: ma qual differenza da una mera congettura, ed anch'essa falsa, alla fondata, e vera dottrina del Newton? Nè il Mut, nè l'Evelio, nè il Doerfell non giunsero a cogliere il vero: al solo Newton siamo debitori della vera cognizione delle comete, e del loro corso. Considerandole il Newton, come il Cassini, corpi eterni, come i pianeti, e mossi con moti regolari, e costanti, pensò giustamente, che potessero assoggettarsi alle stesse leggi, e seguire orbite ellittiche molto eccentriche, ed allungate. L'eccentricità di Mercurio è notabilmente maggiore di quella di Venere; perchè non potranno le comete avere un'eccentricità più, e più grande di quella di Mercurio? Ed applicando le leggi del moto de' pianeti a quello delle comete, le trovò ugualmente verificate negli uni, e nelle altre. Ma siccome l'ellisse estremamente allungata nella parte vicina ad uno de' fochi non è

(a) V. Pingré *Comet.* part. I, cap. VIII.
(b) *Acad. de Berlin* tom. I.

sensibilmente diversa d'una parte simile della parabola, e il calcolo della parabola è molto più facile di quello dell'ellissi; così il Newton propone di calcolare il moto delle comete, come se fossero l'orbite paraboliche. Infatti, calcolati dall'Allejo secondo il metodo del Newton i corsi delle comete, si sono trovati conformi alle osservazioni con tale esattezza, che non lascia luogo a dubitare della verità della teoría. Questa non meno che ne' grandi fenomeni trionfa gloriosamente ne' piccoli: l'attrazione, che tiene in moto i pianeti, i satelliti, e le comete, e dà la legge ne' loro corsi a tutti i corpi celesti, spiega eziandío la figura sferoidica della terra, la precessione degli equinozj, il flusso e riflusso del mare, e i più piccioli ed oscuri accidenti di tutto il sistema del mondo; e la teoría del Newton è la voce della natura, con cui ha voluto scoprire finalmente agli uomini tutti i suoi grandi, e piccioli arcani finor tenuti nascosti, ed insegnare le profonde verità della secreta sua politica nel governo de' cieli, e in tutto il regolamento dell'universo.

La patria del Newton doveva essere la sede dove riposasse a suo agio l'astronomía. Infatti mentr'egli penetrava nelle regioni degli astri, e svolgeva le fisiche teoríe de' loro moti, e di tutti i loro fenomeni, e formava un'affatto nuova astronomía, il Flamsteed, l'Allejo, e molti altri illustravano con nuove scoperte l'astronomía, per così dire, matematica, mostravano ne' cieli nuovi fenomeni, e cooperavano allo stabilimento, ed alla conferma della teoría del Newton. Il Flamsteed ha fissata la vera dottrina dell'equazione del tempo, su la quale avevano parlato sì variamente gli astronomi anteriori. Le infinite sue osservazioni d'ogni genere, ma singolarmente delle fisse, per rettificare i loro luoghi, e della Luna, per farne un'esatta teoría ad uso della navigazione,

Flamsteed.

esposte nella sua *Storia celeste britannica*, il catalogo delle fisse, che contiene i luoghi di 300, quasi tutte osservate da lui, e il nuovo *Atlante celeste* formato su le sue osservazioni, che voleva egli pubblicare, e che dopo la sua morte fu pubblicato dall'Hodgson, sono veri tesori, di cui il Flamsteed ha arricchita l'astronomía. Più grandi, e più varj sono i meriti dell'Allejo in questa scienza, il quale fino da' primi suoi anni può dirsi conquistatore d'un nuovo cielo. Gli astronomi non avevano potuto osservare che l'emisfero settentrionale, le stelle del meridionale restavano sconosciute per loro. L'Allejo, trasportato dallo zelo astronomico, varcò i mari, e con immense fatiche si portò all'isola di sant'Elena, donde ci diede a conoscere le stelle di quell'emisfero, e presentò agli occhi degli europei un nuovo cielo. Quivi gli toccò la sorte altresì d'uno spettacolo, di cui non poterono godere gli astronomi europei. Molti di questi videro nel 1677 Mercurio sotto il Sole; ma osservarlo fin dal principio del suo ingresso, seguirlo in tutto il passaggio, e accompagnarlo fino all'uscita dal disco solare, non è stato accordato che al solo Allejo; e questi seppe ricavarne un buon frutto proponendo un metodo di meglio determinare col mezzo di tale passaggio la paralasse del Sole. Il principale studio dell'Allejo è stato su la Luna e su le comete, e le sue speculazioni furono una validissima conferma delle teorie del Newton. La scoperta della maggiore velocità della Luna nell'afelio che nel perielio della terra gli fece aggiungere al calcolo del luogo della Luna un nuovo elemento, quello cioè della distanza della terra dal Sole. Il celebre suo *Saros*, o per dir meglio il *Saros* de' caldei, o il periodo, che in 18 anni e pochi giorni rimette la Luna nello stesso punto della sua orbita, e nello stesso aspetto riguardo al Sole e alla terra, gli fece rettifi-

Allejo.

care la teoría della Luna, e gli suggerì tavole del suo corso assai più esatte di quante sin allora erano comparse, e ch'egli credè sufficienti per l'uso della marina, e per la sicurezza della navigazione, e per trovare la tanto ricercata longitudine in mare. Ma le sue speculazioni su le comete gli hanno data la maggiore celebrità; ed esse sono il vero trionfo del sistema newtoniano. Egli applicò il metodo del Newton di calcolare per tre osservazioni date il corso delle comete, e lo trovò pienamente esatto, e propose tavole pe' luoghi delle comete, come facevano gli astronomi per quelli de' pianeti. Calcolò 24 comete, ne determinò le loro medie distanze dal Sole, e fissò la grandezza, e tutte le dimensioni dell'ellissi, ch'esse percorrono. Egli ebbe il coraggio di calcolare distintamente il corso di 24 comete, e trovò i calcoli conformi alle osservazioni. Quindi fissò le loro orbite, determinò i tempi periodici, e trovò, che alcune di quelle 24 non erano che la medesima ritornata più volte, ed avverò co' fatti ciò che il Cassini in forza solo d'alcune riflessioni, e del suo genio astronomico aveva creduto, che le comete sono corpi durevoli, e che dopo certi periodi compariscono nel medesimo sito. Si fece anche più ardito, e passò a predire il ritorno della cometa comparsa nel 1682 pel 1758, o 1759, come comparve infatti, e venne come a trionfo del sistema newtoniano. A questi meriti astronomici dell'Allejo deono aggiungersi le sue *tavole*, le più perfette, che fin allora si fossero pubblicate, molti suoi metodi, molte nuove e singolari osservazioni, molte dotte opere, e lodevoli lavori, con cui nuovo lustro, e molti vantaggi ha recati all'astronomía. Successore del Flamsteed, e dell'Allejo, e non men benemerito dell'astronomía fu il Bradlei: l'aberrazione delle fisse, e la nutazione dell'asse della terra sono due sue scoperte, che hanno in qualche modo fatto cam-

Bradlei.

biare d'aspetto quella scienza. Tutti i copernicani hanno ricercata la paralasse delle fisse in diversi tempi dell'anno, quando la terra era ne' punti della sua orbita più vicini a quelle stelle. Hook, e Flamsteed crederono d'averla trovata. Roemero, Horrebow, Jacopo Cassini, e qualch'altro ebbero parimente qualche lusinga d'avere fatta tale scoperta. Ma fu vana la loro credenza, e si scoprì tosto l'origine del loro abbagliamento. Il Molineux volle cercarla con uno stromento superiore agli usati dagli astronomi anteriori, e adoperò un sestante di 24 piedi di raggio, lavorato dal diligentissimo Graham. Si associò nelle osservazioni il giovine Bradlei, e tutti due trovarono differenze nelle fisse, che non potevano attribuirsi ad alcun errore d'osservazione, ma che nemmen combinavano coll'annua paralasse. Queste differenze meritarono d'essere esaminate: ma il Molineux non potè seguitare le osservazioni, e abbandonò al solo Bradlei tutta la gloria della scoperta. Per tre anni tenne dietro il Bradlei alle osservate differenze delle stelle; e trovatele sempre costantemente le stesse, potè giustamente determinare, che il moto di quelle stelle si faceva in un'orbita ellittica di 40, o 41 secondi. Non contento della scoperta di questo fenomeno si diede a cercarne la cagione fisica, e trovò non essere reale quel moto, ma soltanto apparente, nato dal moto progressivo della luce combinato col moto annuo della terra. Imperciocchè impiegando la luce 16 minuti a trascorrere il diametro dell'orbita della terra, come dimostrò Roemero, ed abbiamo di sopra accennato, quando la terra è alla parte della sua orbita lontana dalle stelle, non può il lume di queste giungere all'occhio dello spettatore, se non che 16 minuti più tardi che quando la terra era nell'altra parte vicina: e come in que' 16 minuti la terra seguita a moversi, non viene più il lume fino

all'occhio sotto la stessa linea, ma va formando varj angoli secondo le diverse situazioni, in cui si trova la terra, e però l'occhio dell'osservatore; onde nasce in tutto il corso dell'anno quel picciolo circoletto ellittico di 40 secondi. Questa spiegazione, assai per sè stessa verisimile, fu poi confermata con tante osservazioni, che divenne dimostrazione; e l'aberrazione delle fisse determinata dal Bradlei è un principio della moderna astronomía, col quale abbisogna correggere le anteriori osservazioni per ridurle alla richiesta esattezza. Questa prima scoperta gliene produsse una seconda: osservò nelle stelle, che sono presso i coluri solstiziali, un piccolo moto particolare, pel quale ogn'anno s'innalzavano costantemente verso il polo settentrionale. Bisognava dunque, che si movessero o le stelle verso il polo, o il polo verso le stelle; e questo secondo gli parve più facile, e più naturale. Dopo le osservazioni di varj anni trovò, che quel moto apparente delle stelle aveva un periodo di 18 anni, che proveniva da una reale nutazione dell'asse della terra, prodotta dall'azione della Luna, e dipendente dalla rivoluzione de' suoi nodi, e determinò la quantità di detta nutazione a 18 secondi. Queste due scoperte del Bradlei misero il colmo alla finezza della moderna astronomía, ed oltre che servirono di conferma al sistema copernicano, alla scoperta del Roemero della successiva propagazione del lume, ed alla sublime teoría del Newton della mutua, ed universale attrazione de' corpi celesti, furono una sicura, e fedele scorta a tutti gli astronomi per correggere le anteriori osservazioni, e per regolare con giustezza, ed accertatezza le loro operazioni.

Astronomi francesi.

Mentre l'Inghilterra con tanti valenti astronomi voleva impadronirsi pienamente de' cieli non trascurava la Francia di farvi eziandío le sue conquiste. Non solo i soprannominati

Picard, Auzout, e Richer giovarono molto all'astronomía pratica ed alla teorica co' loro viaggi, colle loro scoperte, e colle loro invenzioni, ma vi fiorirono anche con sommo vantaggio di quella scienza il la Hire, conosciuto particolarmente per le sue tavole, e per alcuni miglioramenti recati alla pratica; il Louville, celebre per varj lavori astronomici, ma singolarmente per la scoperta della diminuzione dell'obbliquità dell'ecclittica, che tanto ha dato da studiare agli astronomi posteriori; Giacomo Cassini, degno figliuolo del gran Domenico, e l'italiano Maraldi, nipote del medesimo, benemeriti amendue dell'astronomía per molte loro scoperte, e per la verificazione delle altrui, e per tanti importanti servigj, che costantemente le hanno prestati; e molt'altri rinomati astronomi. Intanto nell'Italia il Bianchini, il Manfredi, e qualch'altro conservavano alla lor patria l'illustre nome, che le avevano acquistato ne' fasti astronomici il Galileo e il Cassini. Fiorivano particolarmente nella Germania il Zumbach, il Segner, il Kirch, e parecchj altri, singolarmente il Mayer, che poteva valere per molti. Ma la Francia ci presenta prima della metà di questo secolo la più grand'impresa, che siasi mai immaginata in ossequio dell'astronomía. Il Richer, mandato dall'accademia per alcune osservazioni astronomiche alla Caiena vicina all'equatore, dovè raccorciare il suo pendolo, perchè segnasse il tempo dovutamente; e questo fenomeno fece ragionevolmente pensare, che la gravità fosse minore all' equatore che a Parigi, e che la terra si sollevasse alquanto da quella parte. L'Ugenio colla teoría della forza centrifuga determinò, che il moto diurno della terra dovesse produrre all'equatore rispetto a' poli un inalzamento di $\frac{1}{578}$. Il Newton colla legge dell'attrazione lo fissò assai maggiore, cioè di $\frac{1}{230}$. Ma il Cassini, che s'affidava più a' fatti, ed a' risultati delle

La Hire.

Louville.

Giacomo Cassini, e Maraldi.

Italiani.

Tedeschi.

Misura della terra.

Richer.

osservazioni, che a' calcoli, ed alle mere speculazioni, avendo presa la misura di sette gradi del meridiano della Francia, e trovando, che i gradi crescevano di lunghezza quanto più s'accostavano all'equatore, conchiudeva all'opposto, che la terra s'innalzasse verso i poli, non verso l'equatore. Non dirò i molti scritti dottissimi, con cui Giacomo Cassini (*a*), il Maian (*b*), il Desaguliers (*c*), e parecchj altri agitarono per l'uno e per l'altro verso la materia. Ma dirò solo, che per decidere la questione proposero il Godin, ed il Condamine di misurare un grado dell'equatore, perchè essendo quello nella maggiore lontananza da' misurati nella Francia, avrebbe mostrata più chiaramente la differenza, e si sarebbe manifestato verso qual parte si facesse l'innalzamento. Propose poco di poi il Maupertuis di fare parimente altra simile spedizione verso il circolo polare, per misurare altro grado nella maggiore lontananza possibile dall'equatore, onde più notabile riescisse la differenza de' gradi. Si eseguirono infatti amendue pel zelo astronomico degli accademici, e per la regia generosità di Luigi XV, concorrendo anche alla prima il re di Spagna, e due matematici spagnuoli, Juan, ed Ulloa, e alla seconda il re di Svezia, ed il Celsio, dotto astronomo di quella nazione; e si ottenne per frutto di queste spedizioni un'incontrastabile decisione d'un qualche appianamento della terra verso i poli, ed innalzamento all'equatore. Bisognava dunque supporre qualche errore nelle misure di Francia, principalmente in quella del Picard, ch'era stata la base di tutte le altre. Infatti i miglioramenti introdotti negl'istrumenti, e le correzioni da farsi dietro alle due scoperte del Bradlei,

---

(a) *Grand. et fig. della Terre.* (b) *Mém. Ac. des Sc. 1720.*
(c) *Philos. trans. 1725.*

facevano sperare, che replicandosi colla dovuta esattezza le osservazioni si venisse a scoprire l'errore della misura del Picard. Cassini Thury, figliuolo di Giacomo, e nipote di Domenico Cassini, e l'accuratissimo astronomo la Caille replicarono le osservazioni, e le misure, sì celeste, che terrestre, fatte dal Picard, e vi trovarono un errore di pressochè sei tese nell'operazione geodesica, e di 123 nell'astronomica. Sarebbe opera infinita il volere distintamente descrivere le viste, le diligenze, le operazioni, le determinazioni di quelle misure, e le molt'altre misure simili, che intrapresero il Boscovich, e il Beccaría nell'Italia, il Liesganig nell'Ungheria, e nella Germania, l'ora nominato la Caille nel Capo di Buona-Speranza, ed il Mason, e il Dixon nell'America settentrionale. Si misurarono gradi dell'emisfero australe, e del settentrionale; si misurarono sotto diverse, e sotto le medesime altezze di polo; si misurarono in latitudine, ed in longitudine; si confrontarono le misure de' gradi cogli accorciamenti de' pendoli; si ottennero molte cognizioni astronomiche, e fisiche; s'illustrò la dottrina dell'attrazione, e de' pendoli; si trovarono miglioramenti nell'arte d'osservare; e si scoprirono in varie materie molte utili verità; ma, ciò ch'è stato l'oggetto di tante imprese, la vera, precisa, e giusta figura della terra non si è potuto decidere: si è veduto bensì, che la terra è appianata verso i poli, e innalzata all'equatore; ma non si sa quale legge segua assolutamente quest'innalzamento, nè si è potuto formare con tante fatiche, e con tante spese una più esatta teoría di quella, che diede il Newton. Il maggior frutto di tante strepitose spedizioni sono state le profonde, e dottissime opere, a cui hanno data occasione. Lascio le molte storie, relazioni, descrizioni, e giornali di que' viaggi, in tutti i quali si imparano molte cognizioni curiose, ed inte-

ressanti; le ricerche, dissertazioni, ed opere su la figura della terra del Bouguer, del Clairaut, dell'Eulero, dell'Alembert, del Boscovich, del Frisio, d'altri, ed anche più recentemente del la Place, spandono tante ricchezze d'algebra, di geometría, di meccanica, e d'idrostatica, che compensano abbondantemente tutte le spese, e fatiche cagionate da quella dotta, e lodevole curiosità.

Miglioramenti dell'astronomía fisica.

Non fu l'impresa della determinazione della figura della terra il solo merito dell'accademia di Parigi nell'avanzamento dell'astronomía de' nostri dì. I premj, che propose per le più ardue, e sublimi questioni della fisica astronomía, l'hanno portata a quel grado, in cui or la vediamo di geometrica precisione. L'astronomía ricevè dalle mani del Newton una nuova forma, e divenne un ramo della fisica, o per dir meglio una parte della dinamica. Tutti i fenomeni astronomici, che prima solo si riguardavano in sè stessi senza riferirsi alle loro cagioni, ora sono diligentemente applicati alle forze lor produttrici, e confrontati distintamente in tutte le menome loro parti, nè lasciansi di mano se non dopo d'essersi trovati tutti i piccioli, e quasi insensibili accidenti rigorosamente coerenti colle forze, che li producono: le spiegazioni de' diversi fenomeni, che si conoscono, non sono che altrettanti problemi della meccanica; e tutti i più sublimi punti della moderna astronomía si riducono a semplici corollarj della grand' opera de' *Principj* del Newton. Quindi le irregolarità del moto della Luna, che hanno sempre affaticato inutilmente gli astronomi, sono ora state confrontate colle forze della mutua attrazione del Sole, della Terra, e della Luna, e ridotte al famoso problema de' tre corpi, vengono calcolate con tale approssimazione alla verità, che sembra difficile, senza l'invenzione di nuovi mezzi, co' soli ajuti, che abbiamo presentemen-

Irregolarità de' moti della Luna.

te, il poterne ottenere una maggiore. Celebri sono in questa parte i lavori del Clairaut, dell'Alembert, e dell'Eulero: i calcoli di questi tre valentissimi calcolatori, non potevano dapprima applicarsi a' moti richiesti della Luna; onde sembravano portare una mortale ferita al principio dell'attrazione. Ma esaminati poscia più attentamente gli elementi da introdursi in que' calcoli, e scoperta l'origine dell'errore, si riformarono i calcoli, e riuscì la teoría conforme all'osservazione. Il Clairaut fece tavole della Luna, che sono state riconosciute dagli astronomi posteriori come della maggiore esattezza. E il Mayer, diretto da' lumi di que' geometri, principalmente dell'Eulero, e dalle sue e dalle altrui osservazioni astronomiche, recò tale perfezione alle sue tavole, che si meritarono il premio degl'Inglesi dal tribunale delle longitudini. L'Eulero ripigliò di nuovo posteriormente le speculazioni su la meccanica della Luna, e portò più oltre la sua teoría, determinando con essa soltanto ciò che il Clairaut aveva supplito coll' ajuto d'alcune correzioni. Contemporaneamente alle ultime ricerche dell'Eulero faceva anche le sue colla solita diligenza, e sottigliezza il la Grange, ed entrò a parte coll'Eulero non solo nel premio accademico (*a*), ma altresì nella gloria d'avere data l'ultima mano alla complicata teoría del moto della Luna. Il la Grange in oltre aveva acquistato altro premio della medesima accademia (*b*) colle dotte sue ricerche su la figura allungata della Luna, e su la rotazione, e su gli altri fenomeni, che ne derivano, su cui gli astronomi, ed i geometri avevano molto studiato. Que' tre illustri geometri, ed i loro compagni, e successori nell'impero geometrico, la Grange, e la Place, che per tutte le parti delle matematiche

(a) *Ac. des Sc. de Paris 1771.* (b) *1764.*

hanno voluto portare in trionfo l'analisi, si sono preso il maggiore impegno per farla comparire gloriosa anche nel gran teatro dell'astronomía. Il problema de' tre corpi s'era applicato principalmente alla Luna, perchè la cognizione delle disuguaglianze di questa era più interessante agli usi della società; ma tutti gli altri pianeti soffrono le loro irregolarità, nate parimente dalla mutua attrazione di tre, o più corpi. In Giove, e in Saturno si rendono queste più sensibili; e l'Eulero ha applicato ad esse i suoi calcoli, e le ha saputo determinare con un'esattezza, che il Mayer l'ha trovata pienamente conforme alle osservazioni. La terra attratta bensì principalmente dal Sole, ma che sente anche l'attrazione di Giove, di Venere, e della Luna stessa, dèe soggiacere a parecchie disuguaglianze nel suo moto. Le determinò infatti con un metodo applicabile agli altri pianeti l'Eulero, la determinò eziandío con altro metodo suo il Clairaut, e vi sono riusciti amendue colla desiderata felicità. Ma più recentemente il la Grange ha voluto da sè trattare con tutta la profondità degna di lui la teoría delle variazioni periodiche de' moti de' pianeti; ha rettificati i metodi ordinarj d'approssimazione per l'integrazione dell'equazioni di tali moti, e ci ha data un'assai piena teoría di simili variazioni (*a*). Gli astronomi credevano di trovare delle irregolarità secolari ne' moti medj de' pianeti, nè sapevano i geometri rinvenirne nell'attrazione una sufficiente cagione. Il la Place esaminando più attentamente la teoría di Giove e di Saturno, mette almeno in dubbio quelle equazioni secolari, e crede poter attribuire l'irregolarità de' lor movimenti a due disuguaglianze, che hanno un periodo di circa 919 anni (*b*). Bella fu la scoperta dell'Allejo del ri-

Di Giove, e di Saturno.

Della Terra.

Irregolarità secolari de' Pianeti.

Ritorno delle Comete.

(a) *Ac. de Berl.* tom. XXXIX e XL. (b) *Ac. des Sc.* 1772, al.

torno della cometa dell'anno 1682 nel 1758, o 1759; lo stesso suo dubbio del preciso tempo del ritorno, e la cognizione della difficoltà di determinarlo fa sommo onore alla sottigliezza del suo ingegno. Il Clairaut, ajutato da' lumi della moderna geometría, ne intraprese una più ristretta determinazione; calcolò l'azione non solo del Sole, ma di Giove, e di Saturno, che doveva esercitarsi su la cometa; e modestamente predisse con qualche esitazione il perielio di questa pel mese d'aprile del 1759, che seguì alla metà di marzo (*a*). Qualche attrazione di Marte, e della Terra non curata nel calcolo, qualche picciolo errore in calcoli così complicati, e sottili, produssero quel divario di pochi giorni, ch'egli stesso seppe poscia quasi intieramente correggere: ma sarà sempre immortale lode del metodo del Clairaut, e glorioso trionfo della teoría del Newton l'avere potuto giungere a tale esattezza. L'Alembert, e l'Eulero non vollero restare inferiori al Clairaut, e fecero l'applicazione de' loro metodi al corso delle comete, onde ricevè sempre maggiori lumi quella materia; i quali molto più s'accrebbero anche posteriormente al trattarla di nuovo il la Grange nella dissertazione, che riportò il premio dell'accademia di Parigi (*b*). Newton per uno sforzo del suo genio giunse a determinare, che la precessione degli equinozj non è che un picciolo movimento della Terra di 50 secondi all'anno, prodotto dall'attrazione del Sole per 10″, e della Luna per 40″ su l'equatore della Terra, siccome alquanto più prominente che il resto del globo; ma non potè dimostrarlo, nè potè pur fondare la sua determinazione che in ipotesi poco esatte. L'Alembert in tempi più illuminati venne in ajuto del Newton, e sottomettendo il problema alle

Precessione degli equinozj.

(a) *Théorie des Cometes*. (b) *Ac. des Sc. 1780.*

leggi della dinamica, calcolando esattissimamente le forze del Sole e della Luna per muovere ciascuna delle particelle del globo terrestre, diede una rigorosa dimostrazione della verità troppo vagamente asserita dal Newton. La nutazione dell'asse terrestre, altro fenomeno, come abbiamo detto, scoperto dal Bradlei, e da lui attribuito all'azione dèlla Luna, fu anche assoggettata dall'Alembert a severi calcoli, e ridotta ad esattissima dimostrazione (*a*); e Newton, e l'attrazione si portavano in trionfo su tutti i punti del sistema del mondo. Il flusso e riflusso del mare era stato già dal Newton sottoposto al principio della gravitazione universale; ma questi dava troppa forza sopra le acque alla Luna, nè aveva ben ponderate tutte le circostanze del fenomeno. L'accademia di Parigi propose pel premio questo problema, e il Maclaurin, Daniele Bernoulli, e l'Eulero rettificarono i calcoli del Newton, seguirono minutamente gli effetti del Sole e della Luna su l'acqua del mare, levarono le contrarie difficoltà, e ci diedero sciolto il problema. Ha nondimeno voluto più recentemente riassumerlo il la Place (*b*), e vi ha spiegati alcuni fenomeni, che non erano stati curati, ed ha trovata nel flusso e riflusso del mare qualche relazione colla precessione degli equinozj, e colla nutazione dell'asse terrestre. Il la Grange ha anche esaminati colla stessa diligenza i satelliti di Giove, e formatane una teoría intieramente nuova portando la legge newtoniana in quest'impero particolare, dove tutto si regola come nel grand'impero del Sole. Il la Place, il Condorcet, il Frisio, il Lambert, il Cousin, ed altri parecchi geometri hanno nobilitati i loro calcoli col farli dominare le stelle; e l'astronomía coll'opera del Newton, e dei più nobi-

Nutazione dell'asse della terra.

Flusso, e riflusso del mare.

(a) *Recherch. sur la Precess. des Equin. et sur la Nut.* ec.

(b) *Ac. des Sc. 1776.*

li geometri di questo secolo suoi seguaci ha presa una nuova forma, ed è diventata una nuova scienza.

Non trascuravasi intanto quella astronomía, che sola prima d'allor conoscevasi, quella cioè che osserva i cieli, esamina i fenomeni, e senza entrare nelle fisiche cagioni trova metodi di calcolarli, e li fissa, e determina con giustezza, e precisione. Una grande spedizione, non meno strepitosa, e non più utile di quella della misura della terra, s'è eseguíta a questo fine dopo la metà del presente secolo. La giusta cognizione della paralasse del Sole è la base della maggior parte delle astronomiche osservazioni; e per ben determinare questa paralasse è molto conveniente l'osservare il passaggio di Venere sul disco solare. Questi passaggi non sono molto frequenti; ma appunto a' nostri dì, quando bolliva il fervore delle grandi imprese astronomiche, ne sono accaduti due, uno nel 1761, l'altro nel 1769: onde tutti gli astronomi, e tutte le accademie, principalmente quella di Parigi, erano in agitazione per profittare opportunamente di questa rara fortuna, e per recare al maggiore vantaggio possibile dell'astronomía una sì favorevole congiuntura. L'accademia di Parigi mandò alle coste di Coromandel il Gentil, all'isola di Rodrigo il Pingrè, e il Chappe alla Siberia, a richiesta, ed a spese dell'accademia di Pietroburgo, la quale spedì anche altri osservatori su' confini della Tartaría, e della Cina. La R. Società di Londra mandò il Maskeline a Sant'Elena, ed all'India il Mason. Altri ne spedì alla Lapponia, ed al Nord l'accademia di Stokolmo; altri il re di Danimarca in Norvegia. Per tutto il resto dell'Europa erano affannati i principali astronomi per eseguire colla maggior esattezza possibile la sospirata osservazione. Ma non appagò i desiderj degli astronomi una sì strepitosa, e dispendiosa operazione. Alcuni osservatori non po-

Osservazioni del passaggio di Venere sul disco solare.

terono giungere al loro destino; altri per estrinseche circostanze furono impediti dall'osservare il fenomeno; e gli stessi, che l'osservarono a loro agio, discrepavano tanto ne' risultati, che niente potè ragionevolmente decidersi dalle loro determinazioni. Più fortunata fu l'altra spedizione del 1769 (*a*). I risultati delle osservazioni furono assai più convenienti fra loro; e l'osservazione stessa dell'Hell nella Norvegia, che parve al de la Lande, che si discostasse alquanto dall'altre, fu approvata dal Pingrè (*b*) come la più compiuta, e coerente colle più esatte dell'Europa; e la paralasse del Sole fu fissata fra 8″ $\frac{1}{2}$ e 9″ pochissimo meno di quello, che l'aveva determinata il gran Cassini, cioè di 9″. Così le due più strepitose imprese dell'astronomía non hanno potuto scoprire di più che ciò, che avevano trovato ne' loro gabinetti il Cassini, ed il Newton.

Bouguer. Molti sono stati in questi tempi gli astronomi, che si sono meritata particolare celebrità. Il Bouguer oltre avere giovato all'astronomía col suo metodo per mostrare la via delle comete, oltre aver dati molti lumi acquistati nel suo viaggio all'Equatore per meglio conoscere le disuguaglianze delle rifrazioni tanto interessanti per le osservazioni astronomiche, oltre aver avuta tanta parte nella misura della Terra, si è fatto un più durevole nome per l'invenzione dell'eliometro ad uso della pratica astronomía. Principe degli astronomi de' nostri dì può dirsi il la Caille, la cui diligenza, attenzione, esattezza, e riservatezza possono prendersi a modello dagli studiosi di quella scienza. Egli fece all'astronomía il prezioso dono delle più giuste, ed esatte tavole del Sole, che si sieno ancora fatte, e che possano sperarsi dagli ajuti, che abbiamo

La Caille.

(a) V. de la Lande *Astronomie* liv. xI. (b) *Acad. des Sc.* 1770.

presentemente. Intraprese un viaggio fino al Capo di Buona-Speranza, e conquistò all'astronomía tutto un emisfero, facendola padrona di dieci mila stelle meridionali, che prima non conosceva. Da lui ha ricevuto la dottrina delle rifrazioni il suo maggiore rischiarimento: e caldo, e freddo, e peso dell' aria, e diversa temperatura dell'atmosfera, tutto ha egli avuto in vista per fissare regole, formare tavole, e darci la più esatta dottrina su le astronomiche rifrazioni. La paralasse della Luna, la misura della terra, e mille osservazioni, e mille ricerche in ogni parte dell'astronomía renderanno eternamente caro agli astronomi il nome del la Caille. L'astronomía ha perduto recentemente nel Boscovich un dottissimo illustratore, e zelantissimo promotore. A lui può dirsi, che dèe l'Italia l'ardore, con cui or coltiva questa sublime scienza. L'astronomía pratica, e la teorica hanno da lui ricevuti non piccioli avanzamenti. Oltre alcune invenzioni ottiche da noi sopra accennate, molto inreressanti per la pratica dell'astronomía, gli eccellenti metodi da lui proposti per rettificare gli stromenti, per collocarli opportunamente, e per correggere gli errori, che sieno incorsi nelle osservazioni, e tanti bei lumi, che pel maneggio degl'istromenti, e per l'uso d'osservare ci dà egli in varie sue opere (*a*), sono le leggi, che deono seguire gli astronomi per osservare le stelle con accertatezza, e verità. La teoría delle rifrazioni, la dottrina su l'apparizione e disparizione dell'anello di Saturno, il suo metodo per le comete, ed anche pe' pianeti, singolarmente per l'Herschel, e mille altre sue speculazioni celesti mostrano il Boscovich per un genio sublime, avvezzo a vivere cogli astri, e degno d'entrare ne' loro secreti. Vivono ancora presentemente a maggiore

Boscovich.

(a) *De litter. expedit.* ec.

Maskeline. splendore dell'astronomía il Maskeline, diligentissimo osservatore, e successore degnissimo del Flamsteed, dell'Allejo, e del Bradlei. Il Monnier, che a tutte le parti dell'astronomía ha portati i suoi sguardi, ed oltre varie dotte memorie ci ha dati i lumi di moltissime osservazioni nella sua *Storia celeste*; il Pingrè benemerito particolarmente delle comete, che tanto ha illustrato nella sua *Cometografia*; il Gentil rinomato astronomo per le sue fatiche intorno alla teoría di Giove, e ad altri punti astronomici, ma celebre particolarmente per le notizie dateci dell'astronomía degl'indiani; il Sejour valente calcolatore, ed osservatore, che ha saputo trovare cose nuove ed interessanti nell'ecclissi, nelle comete, nell'anello di Saturno, e in altri punti, ed ha trattato, e tratta copiosamente de' moti apparenti de' corpi celesti; il Jeaurat, il Mechain, lo Slop, il Cesaris, il Reggio, l'Oriani, il Bernoulli, ed altri moltissimi, che meriteranno da' posteri più lunghi, e distinti elogi. Noi in mezzo alla folla delle materie accennate, e dopo la lunghezza di questo capo, non possiamo tralasciar nondimeno senza particolare rimembranza due famosi astronomi, il de la Lande, e il Bailly. L'amore dell'astronomía, e lo zelo pel suo avanzamento hanno impegnato il de la Lande in ogni sorta di ricerche, e di studj per recare maggiore illustramento, ed onore alla diletta sua scienza. Osservazioni continue su tutti gli astri, e su ogni punto controverso di essi, piccioli scritti ad uso del pubblico per rendere più universale l'amore dell'astronomía, laboriosi calcoli, e libri periodici per facilitare agli astronomi le loro speculazioni, dotte memorie proposte alle accademie per avanzamento dell'astronomía pratica e della teorica, proprie fatiche, eccitamenti, ed ajuti per l'altrui, progetti, impegni, scritti, fatti, discorsi, tutto ha egli gloriosamente impiegato pel vantaggio dell'astronomía. La sua grand'

Monnier. Pingré. Gentil. Sejour. Altri astronomi. De la Lande.

opera è un corso completo di quella scienza, dove si trovano uniti, e dottamente spiegati tutti i metodi degli astronomi, sì per la teorica, che per la pratica, non senza proporre anche frequentemente alcuni suoi miglioramenti, e si vede trattata a fondo tutta quanta l'astronomía; onde può dirsi giustamente il moderno *Almagesto*, tanto più ampio, e grandioso di que' del Riccioli, e di Tolemmeo, quanto più vasta, e sublime è diventata a' nostri dì questa scienza, che non era a' secoli di quegli scrittori. Il Bailly sarebbe più celebrato come valente geometra, e sublime astronomo, se lo splendore della singolare sua eloquenza non avesse in qualche modo ecclissati i suoi meriti nelle scienze. A lui dèe l'astronomía una delle più accurate teoríe de' satelliti di Giove, che si sieno finora vedute, e molte dotte memorie sopra altri punti, dove campeggiano le più profonde cognizioni geometriche, ed astronomiche; ma il principale suo merito verso quella scienza è l'eloquente, erudita, e profonda storia, in cui tutti i suoi progressi, e tutte le sue vicende energicamente descrive, racconta con fedeltà, ed accuratezza le sue imprese, spiega con chiarezza, e profondità le scoperte, rappresenta con vivaci colori nel naturale loro aspetto i principali suoi campioni, e ci forma dell'astronomía un quadro più elegante e grazioso, più vivo, ed animato di quanto potesse sperarsi da' fini e sicuri pennelli de' Raffaelli, e de' Poussini; egli ispira amore all'astronomía, e venerazione a' suoi professori, istruisce dilettevolmente i lettori su le materie che tratta; e si mostra in tutto profondo astronomo, e sovrano ed impareggiabile scrittore.

Bailly.

A tutti questi astronomi, che possiamo dire calcolatori, d'uopo è aggiungerne due, instancabili osservatori, i quali non hanno giovato meno all'astronomía co' cannocchiali, e colle

osservazioni, che gli altri colla penna, e co' calcoli. Sono ormai pressochè venti le comete, che ha scoperte il Messier, e di pressochè venti corpi celesti ha arricchito il sistema solare, ed ampliato per tanto il dominio dell'astronomía. Comete vedute da altri, o da lui scoperte, movimenti de' pianeti e de' satelliti, ecclissi del Sole, della Luna, e de' satelliti di Giove, novità reali, o apparenti nelle stelle fisse, e tutto quanto accade ne' cieli, tutto è osservato da lui con diligente attenzione, e registrato ne' suoi manoscritti ad uso, e profitto dell'astronomía. Scoperte più strepitose, e più grandiosi vantaggi ha recato all'astronomía il celebre Herschel. Nuovi occhi ha dati agli astronomi, onde poter vedere negli interminabili spazj celesti assai più addentro che finor non si era veduto; ha presentato a' loro sguardi lo spettacolo di nuovi cieli, ed ha fatto in pochi giorni cambiare d'aspetto l'astronomía. Migliaja di stelle fisse vedute per la prima volta negl'immensi campi de' cieli, che fanno ascendere a molti milioni il numero delle stelle, infiniti ammassi di stelle nella via lattea, e nelle *nebulose* già conosciute, più di mille nuove nebulose, alcune delle quali d'una spezie singolare, dette da lui *planetarie*, moltissime stelle trovate doppie, movimenti scoperti nelle stelle, e forse anche nel Sole, e in tutto il sistema solare, volcani, ed altre novità nella Luna sono presenti che ha fatti agli astronomi l'Herschel coll'ajuto de' suoi cannocchiali. Ma la più notabile, ed interessante sua scoperta è stata quella del nuovo pianeta conosciuto sotto i nomi d'*Herschel*, e d'*Urano*, la quale ha dato tosto agli astronomi argomento di molte speculazioni, e potrà forse col tempo recare gran cambiamenti alle teoríe astronomiche. La creduta stella nuova veduta dal Flamsteed nel *toro* nel 1690, e dal Mayer ne' *pesci* nel 1756, si è trovata non esser altro

Messier.

Herschel.

che questo nuovo pianeta (*a*); e questo può far pensare che forse tutte le altre finora credute stelle nuove, di cui abbiamo sopra parlato, saranno anch'esse nuovi pianeti, che sempre più ingrandiranno il nostro sistema solare, e daranno agli astronomi materia di nuove osservazioni, e di nuovi calcoli. Da' cannocchiali dell'Herschel, e dal miglioramento dell'ottica, e della pratica astronomía piucchè da' calcoli de' geometri, e dalle spedizioni accademiche possiamo giustamente sperare l'ingrandimento, e l'avanzamento dell'astronomía. Coll' ajuto di organi sì perfetti si potrà meglio penetrare nel corpo del Sole, e conoscere la natura delle sue macchie, e i suoi movimenti quali che siano di rotazione, e di traslazione; si potrà forse vedere la rotazione, che ora si congettura soltanto di Venere, e fors'anche di Mercurio, e di Saturno; si potrà forse venire in chiaro della verità del satellite di Venere, veduto da tanti astronomi, e negato da tutti gli altri; si potrà forse trovare in Marte qualche non immaginato satellite; e da' fenomeni, che con sì oculate osservazioni si scopriranno, s'aprirà uno spazioso campo agli astronomi per nuove speculazioni. La teoría de' satelliti di Saturno è ancor quasi intatta, la difficoltà d'osservarli ha levato il pensiero agli astronomi d'esaminarli distintamente. Quella de' satelliti di Giove ha ricevuti alcuni lumi da' calcoli del la Grange, del Bailly, del Wargentin, del Maraldi; ma non è che appena abbozzata riguardo a' due ultimi, ed anche riguardo a' primi rimane molto imperfetta, mancando di tutte le richieste osservazioni per fondare sicuramente la teoría. Co' cannocchiali dell'Herschel possiamo sperare d'avere il modo di vedere sì i satelliti di Giove, che que' di Saturno in quelle circostan-

Miglioramenti da farsi nell'astronomía.

(a) V. Oriani *Eph. Med. 1785*, Caluso *Mémoir. Acad. des Scien. de Turin an. 1786-87*.

ze, in cui ora si nascondono a' comuni telescopj, e di poterne allora formare più compiute teoríe. Quante comete, che or si sottraggono a' nostri sguardi, non si presenteranno a' nuovi telescopj? Quanto non si rischiarerà, ed ingrandirà tutto il nostro mondo solare? Quanto più si osservano le stelle fisse, diceva il la Caille, tanto si trovano meno fisse: infatti si sono in questi tempi veduti in esse varj cambiamenti di luogo, e di luce, che prima neppure si sospettavano. Ora coll'avvicinamento, che ci danno i nuovi cannocchiali, quanti piccioli cangiamenti non si vedranno prima non osservati; e quegli stessi che conoscevansi a quanto maggior esattezza non saranno ridotti? Noi amiamo di pascerci di queste, e di molt'altre lusinghiere speranze in vantaggio dell'astronomía, perchè siamo persuasi, che soltanto col miglioramento del telescopio può prodursi una notabile rivoluzione in questa scienza, e che bisogna cambiare gli organi della vista per vedere le stelle diversamente, che finor si sono vedute; e questo cambiamento degli organi della vista, questo miglioramento de' telescopj è quello, che or abbiamo acquistato per l'intelligenza, e destrezza dell'industrioso, ed infaticabile Herschel. A questo vantaggio dell'astronomía s'aggiunge il comodo della gran perfezione degli stromenti per le divisioni, che ci hanno ora procacciata il Ramsden, il Meignie, ed altri valenti artefici, e che può liberare gli astronomi da molte incertezze, e da molti errori, in cui li teneva l'imperfezione degli stromenti. In questo stato ritrovasi presentemente l'astronomía, questi sono i progressi che ha fatti, questo il corso che ha seguíto nello spazio di tanti secoli. Ipparco, Tolemmeo, Ticone, Keplero, Galileo, Cassini, Allejo, Newton, Bradlei, e dirò anche Herschel, co' gran geometri, ed astronomi calcolatori de' nostri dì l'hanno condotta a quella vastità di scoperte, pie-

nezza di cognizioni, raffinata precisione, e sicurezza in alcune determinazioni, dotta, e giudiziosa incertezza in altre, ricchezza, e squisitezza di stromenti, copia ed opportunità di mezzi, e di metodi, a quell'alta perfezione, ed eccellenza, in cui la vediamo presentemente: resta ancor nondimeno molto da fare per finire questa grand'opera: se le future età seguiteranno con quell'impegno, ed ardore, con cui vi hanno lavorato i due ormai passati secoli, possiamo sperare, che non tardi ad essere recata alla dovuta perfezione la vasta, e sublime scienza dell'astronomía.

Conclusione.

Noi intanto contenti d'avere data una qualche idea dell' origine, de' progressi, e dello stato attuale dell'astronomía, e di tutte le scienze matematiche, porremo fine a questo libro, troppo breve certamente per la vastità, ed ampiezza degli argomenti trattati, ma forse lungo di soverchio per l'istituto della nostra opera, e per la copia e varietà di materie, che rimangono da trattare. L'amichevole unione, in cui or vediamo legate le scienze esatte, per cui tutte le matematiche miste si riducono alla meccanica, la quale viene regolata dalla geometría, e questa dal calcolo algebraico, ci offrirebbe varie riflessioni su la necessità di promuovere questo calcolo. Un metodo generale, e completo di calcolo integrale potrebbe produrre una rivoluzione in tutte le matematiche, come l'hanno prodotta nel passato secolo, e nel presente l'unione dell'algebra colla geometría introdotta dal Cartesio, e il calcolo infinitesimale del Newton, e del Leibnizio. Ma se d'uopo è studiare intensamente, e promuovere, ed avanzare la scienza del calcolo, non però può lodarsi l'eccesso, in cui talora cadesi, nell'uso del medesimo per tutte le geometriche operazioni: e questo uso, ed abuso del calcolo potrebbe anche dare argomento di molte profonde, ed utili discussioni.

La necessità delle osservazioni, e della piena cognizione de' fatti per avanzare le matematiche miste, e per fondarvi giuste teoríe, non sarà mai inculcata abbastanza a' matematici pel diritto regolamento de' loro studj. La troppa sottigliezza, e talor anche poca utilità di molte questioni, in cui si deliziano i nostri geometri; la varietà de' progressi diversi in diversi tempi secondo i differenti studj; e i diversi metodi, che sono stati allora di moda, e mille altre riflessioni non affatto disutili si potrebbono derivare dalle cose finora dette nel corso di questa storia. Ma noi ristretti per l'abbondanza delle materie, le dobbiamo lasciare alla perspicacia de' dotti lettori, e passare a descrivere la storia delle altre scienze naturali.

LIBRO II.

DELLA FISICA.

La fisica, come dice Aristotele (*a*), ha nelle sue disquisizioni lo stesso soggetto che la matematica; i corpi naturali sono dall'una e dall'altra presi di mira; e sembra pertanto che possa la fisica aspirare alla stessa certezza e sicurezza, di cui gode la matematica. Ma la matematica considera i corpi naturali meramente in astratto, e n'esamina solo le dimensioni, nè vede in essi che numeri, e linee, movimenti e figure, che può determinare con giustezza e precisione; dove che la fisica entra troppo minutamente a sviscerare ogni cosa, contempla la natura generale di tutti i corpi, e la particolare di ciascheduno, ne ricerca gli attributi e le proprietà, ne studia le forze e le virtù, ne osserva l'interna e l'esterna costituzione, e vuol fare una distinta anatomía di tutti quanti i diversi corpi della natura. Quindi la complicatezza delle ricerche produce l'oscurità della fisica, come all'opposto nelle matematiche nasce dalla semplicità l'evidenza, e chiarezza, e si fanno dalle matematiche molte infallibili scoperte, mentre la fisica appena produce che contrastate opinioni. Noi pertanto trascorreremo più brevemente la fisica che non abbiamo fatto la matematica; e per non moltiplicare di-

(a) *De natur. auscult.* lib. II.

visioni abbraccieremo sotto il nome di quella tutte le scienze, che prendono per oggetto l'esame de' corpi naturali; e lasciando l'astronomía, e l'altre parti delle matematiche miste, che pur possono appartenere alla fisica, ma che sono state già da noi trattate nelle matematiche, dove si riportano comunemente, comprenderemo in questo libro non solo quegli studj, che sogliono intendersi col nome di fisica, ma la chimica eziandío, la storia naturale, e la medicina, che non sono realmente che diverse parti della fisica, e che formano tutte insieme una fisica completa.

CAPITOLO I.

DELLA FISICA GENERALE.

Origine della fisica.

I primi pensieri degli uomini, dopo avere proveduto al corporale sostentamento, si saranno rivolti a contemplare sè stessi, ad esaminare le cose, che loro stavano attorno, a riguardare gli astri, che gl'illuminavano notte e dì, a studiare insomma la fisica; e tutte le antiche nazioni, che ottennero fama di qualche cultura, non avranno tralasciato di fare su' corpi naturali alcune osservazioni, e d'acquistare alcune fisiche cognizioni. Infatti tutta l'antica mitología si vuole da molti doversi riportare alla fisica, nè altro essere Osiride, ed Iside, e Giove, e Giunone, e Vulcano, e gli altri dei, che soggetti di fisica esposti dagli antichi sotto il velo della favola per allettamento del rozzo popolo, e consecrati così all' immortalità pel mezzo della religione. Gli antichi poeti prendevano per argomento de' loro canti la cosmogonía, la creazione del cielo e della terra, la formazione delle cose, la costituzione dell'universo. Ed in tutte le nazioni quelle per-

sone, che avevano celebrità di dottrina, vantavano speculazioni, e notizie su le operazioni della natura. Ma questi erano soltanto pensieri vaghi ed astratti, idee sciolte e slegate, discorsi generali, opinioni infondate: non formavano un combinato, e connesso sistema, non presentavano una filosofica teoría. Dalle sette greche prese origine la scienza della natura; e le scuole di Mileto, e di Crotone furono realmente la culla della fisica: là si fecero osservazioni, si cercarono ragioni, da particolari cognizioni si levarono opinioni generali, s'immaginarono, e si fondarono in qualche modo universali sistemi, e nacque insomma la fisica. Talete fu il primo, che stabilisse una scuola filosofica, e Talete, dice Cicerone (*a*), fu parimente il primo, che facesse perquisizioni su le cose naturali: egli formò il suo sistema, e fissò per principio di tutto l'acqua; come Anassimene della stessa scuola prese poi l'aria, ed altri altri elementi. Al tempo stesso fondava Pitagora nell'Italia un'altra scuola filosofica, ed anch'egli parimente s'occupava co' suoi discepoli nell'esame de' corpi naturali, e ne proponeva altri principj (*b*). Così tutti gli antichi in varie guise immaginavano i loro sistemi per ispiegare la formazione de' corpi, e la costituzione dell'universo, e tutti dedicavano la loro attenzione alle fisiche speculazioni. Infatti la fisica fu realmente lo studio degli antichi filosofi, le diverse opinioni fisiche facevano i caratteristici distintivi delle diverse sette, e la discussione di quelle opinioni era l'esercizio delle filosofiche scuole. Studiavasi, è vero, la matematica, e singolarmente la scuola pitagorica fece in quella scienza gloriose scoperte, e notabili avanzamenti. Ma le dottrine matematiche fondate in evidenti dimostrazioni, appena sposte

Scuole greche.

(a) *De Divin.* lib. I. (b) Plut. *De placit.* lib. I, Laert. in *Pyth.*, al.

a guisa di lucenti baleni colpiscono gli occhi di tutti, e ne traggono sforzatamente l'assenso, nè soffrono diversità d'opinioni, nè danno campo agli scolastici dibattimenti. La dottrina fisica era quella, che impegnava le scuole al sostenimento de' proprj dogmi, e formava i diversi partiti. La setta jonica, e la pitagorica, gli eraclitei, i democritei, ed altri partiti filosofici non avevano altra divisa che i fisici insegnamenti; e la fisica, si può dire, era tutta la filosofia de' greci antichi. Gli antichi filosofi fino a Socrate tutti trattavano, come dice Tullio, numeri e moti; tutti ricercavano donde ogni cosa nascesse, e come andasse a perire, tutti s'occupavano nelle cose naturali, in argomenti occulti ed involti dalla stessa natura. Socrate fu il primo, che da tali materie richiamasse la filosofia, e l'introducesse nella vita civile a trattar del modo di vivere, e de' costumi, de' vizj, e delle virtù, il primo insomma, che dalla fisica la facesse passare alla morale (*a*). Fu dunque fino a Socrate tutta fisica la filosofia; ma non per essere allora divenuta morale, ed essersi rivolta alla vita, e a' costumi degli uomini, lasciò poi le speculazioni della natura, e si spogliò della pompa e degli ornamenti della fisica; e la fisica seguì sempre ad essere la più vasta e nobile parte di tutta la filosofia. Infatti al tempo stesso di Socrate fioriva Democrito, che può forse riguardarsi come il più gran fisico di tutta l'antichità. Platone, affezionato, e fido discepolo di Socrate, avidamente attinse a' fonti d'Eraclito, di Parmenide, di Timeo, e d'altri fisici le diverse opinioni delle scuole filosofiche, e tutti i secreti della fisica. Non v'è stato forse il più sottile, più profondo, e più vasto filosofo fra tutti i greci del famoso Aristotele; e questi

Fisici antichi.

(a) *Acad. quaest.* lib. I, c. IV; *Tusc.* V, c. IV.

trasse principalmente dalla fisica la più universale sua celebrità. Gli stoici stessi, che appena sono ora conosciuti che per la loro morale, coltivavano con particolare studio la fisica; e Seneca, severissimo stoico, sembra come vergognarsi d'avere posto più studio nell'etica che nella fisica, e dà a questa sopra quella tanta superiorità, quanta sopra gli uomini ne compete agli dei *(a)*. Epicuro, che può riguardarsi come l'ultimo de' filosofi, fu chiamato da Timone l'ultimo de' fisici *(b)*, e in mezzo alla sua molle e voluttuosa morale scrisse non meno di trentasette libri di fisica; e i piccioli suoi avanzi hanno meritate le dotte illustrazioni del Gassendo. Si vede insomma non solo ne' principj de' greci studj tenersi in pregio la fisica, ma seguitare poi costantemente a dominare nelle loro scuole fino alla decadenza della greca filosofia.

Merito della fisica greca.

Ma dovremo noi aver grande stima della fisica degli antichi, e far molto conto delle loro opinioni? Veramente riflettendo alle circostanze de' tempi, in cui i Taleti, gli Anassimandri, i Pitagori, i Democriti, e gli altri greci stabilirono i dogmi della loro fisica, fa maraviglia come in tanta scarsezza di lumi, in mezzo a' soli pregiudizj del volgo potessero levarsi ad alcune cognizioni tanto sublimi, che i moderni per accertarle hanno avuto mestiere di nuovi e sottili stromenti, di replicate sperienze, e di attente osservazioni; e queste cognizioni possono certo fare molto onore alla loro sagacità, e dare qualche diritto a' loro partigiani per collocarli in un grado superiore a' moderni. Basta solo leggere i passi degli antichi, raccolti nell'opera del Dutens *(c)*, per vedere quante opinioni, e quanti sistemi pubblicati con albagía e boria da' moderni, erano già stati conosciuri, e insegnati da

(a) *Quaest. nat.* lib. I, c. I. (b) Laert. in *Epic.*

(c) *Rech. sur l'orig. des Découv.* ec.

quelli, e quante cognizioni fossero loro comuni, di cui vogliono farsi onore i più stimati moderni. Il solo ardire delle loro ricerche, il piano solo della loro fisica ci può far prendere un'alta idea della vastità e sodezza di mente di quegli antichi filosofi. Come mai senza una gran forza e sottigliezza d'ingegno pensare a scrutinar la natura de' corpi celesti, investigar le cagioni delle meteore, esaminare i fenomeni, e gli accidenti dell'aria, e degli altri elementi, e de' corpi da loro formati, ricercare perfino i primi, e più minuti principj, e fare l'anatomía di tutti i corpi naturali? Seneca (*a*) dice, che non meno abbracciava la loro fisica, che tutte le cose celesti, le atmosferiche, e le terrestri, e dottamente riflette, che i terremoti, tuttochè sotterranei, erano non senza ragione considerati da' fisici fra le meteore, e che la terra stessa veniva sotto alcuni rispetti giustamente riposta fra' corpi celesti, e che vedevasi in essi un'assai giusta cognizione generale della natura. Ma nondimeno io non credo, che debba or farsi gran conto della fisica degli antichi, nè sia da tenersi in molta considerazione la loro dottrina in questa parte. La fisica è scienza di sperienza e d'osservazioni più che di meditazioni e di raziocinj, ed abbisogna non sol d'ingegno, ma di tempo, e pazienza per istabilire le sue scoperte. Gli antichi non godevano come noi de' lumi degli antenati, nè di lunghi secoli d'osservazioni per fissare i loro pensieri, nè avevano altri mezzi che la forza e acutezza de' loro ingegni, nè potevano appoggiarsi che alle proprie loro cognizioni, e alla sagacità delle loro menti. Quindi l'antica fisica aveva pensieri sublimi, e alle volte giusti, ma non abbastanza fondati, opinioni sottili, ed assai verisimili, verità dette a ca-

Difetti della fisica greca.

(a) *Quaest. nat.* lib. II, c. I.

so, o per semplice congettura, ed a forza di raziocinio, non però poteva vantare sicure scoperte, e ferme ed incontrastabili verità. Ed è perciò, che anche le verità stesse da alcuni scoperte non avevano consistenza, nè chiamavano l'assenso di tutti gli altri; e dopo che Democrito asserì chiaramente, che la via lattea era un ammasso di stelle, e che le qualità sensibili non esistono ne' corpi, ma dipendono dalla nostra sensazione (a), Aristotele, ed altri dotti filosofi crederono la via lattea una meteora, ed attributi e forme accidentali de' corpi le qualità sensibili; ed altri filosofi posteriori rigettarono parimente parecchie fisiche verità avanzate dallo stesso Aristotele. Il genio curioso e speculativo de' greci, il prurito di voler entrare nell'intima natura di tutto, e dar ragione d'ogni cosa, lo spirito sistematico, e scolastico, l'amore di disputa e di partito hanno molto pregiudicato al vero profitto, e all' avanzamento della fisica greca. L'oscurità delle loro disquisizioni dava bensì copiosa materia ad interminabili dispute, ed a sottili rigiri de' loro ingegni; ma come non potevano decidersi con esperienze ed osservazioni, e solo ammettevano congetture e discorsi, non era mai possibile dimostrarne la verità. Ed è anzi da osservare, che della maggior parte delle questioni, che le scuole greche agitarono, non s'è potuto peranco trovare la soluzione, e l'unica lode riservata a' lumi de' moderni fisici è stata il riconoscerne l'impossibilità, e l'abbandonarne le ulteriori ricerche. Gli antichi volevano scoprire tutto, risalire alla creazione del mondo, a' primi principj de' corpi, alle intime ed occulte cagioni delle cose; e per questo che sperienze ed osservazioni potevano prendere? I moderni hanno seguite le loro tracce, ed imitata la vana lo-

Oscurità delle ricerche.

(a) Sext. Empir. *Pyrr. hypot.* lib. II, c. II.

ro curiosità; ma si sono poi accorti dell'inutilità di tali speculazioni, ed hanno studiato di ricercare quello soltanto, che può trovarsi colla sperienza ed osservazione, e contentarsi di conoscere gli effetti, e renderli quanto più possano generali, senza volersi inoltrare all'oscura notizia delle intime e prime cagioni. Noi ricorreremo un poco i principali capi delle questioni de' greci, e daremo così una leggiera idea della loro fisica generale. La prima questione delle antiche scuole è stata intorno alla formazione dell'universo, ed a' primi principj, onde derivano tutti i corpi. E che potevano dire su questo, se non semplici congetture? Talete volle, che l'acqua in diverse guise combinata fosse il principio di tutti i corpi; Anassimene stimò l'aria il principio più conveniente; Eraclito il fuoco; ed altri altro elemento; Anassagora ideò una gran massa di tutte le particelle similari de' corpi, detta da lui *panspermia*, ed *omiomeria*; Pitagora ricorse a' suoi numeri; e Platone alle idee; Democrito agli atomi e al vuoto; Aristotele alla materia, forma, e privazione; ed altri ad altri principj. Aristotele (*a*), Plutarco (*b*), Sesto Empirico (*c*), Laerzio (*d*), Lucrezio (*e*), Tullio (*f*), ed altri antichi; Gassendo (*g*), Brukero (*h*), e molt'altri moderni hanno parlato assai lungamente di tutti gli antichi sistemi, perchè noi possiamo astenerci di spiegarli distintamente; e diremo soltanto, che nè anche i moderni, che hanno voluto entrare in tale ricerca, ci hanno saputo dare che sogni e vaneggiamenti, e che poco profitto poteva ricavare la fisica da una questione, che non ammetteva pruove chiare, e sicure dimostrazioni, ma re-

(a) *De nat. auscult.* lib. I. (b) *De plac. phil.* lib. I.
(c) *Pyrrhon. hypot.* lib. III, c. IV. (d) In Thal. *Anax.* ec.
(e) Lib. I. (f) *De finibus*, alibi.
(g) *Phys.* sect. I, lib. III. (h) *Hist. crit. philos.* tom. I, II.

stava abbandonata all'immaginazione, ed a' cavilli de' litigiosi filosofi. Lo stesso si potrà dire di quasi tutte l'altre disquisizioni di que' sottili filosofi. Quanto non si dibatterono per investigare quale sia la natura dello spazio, e se vi sia o no spazio vuoto nel mondo, se questo sia disseminato soltanto, o pur anche, come dicesi nelle scuole, *coacervato*, e se fuori del mondo sia uno spazio infinito conosciuto dalla nostra immaginazione, e detto per ciò *immaginario?* Quanto romore non menò la questione del continuo, o della divisibilità delle parti in infinito, che ha eccitati, si può dir così, infiniti partiti fra gli antichi e fra' moderni, senza potersi niente decidere? L'infinito stesso quante dispute non produsse fra gli antichi filosofi, che un trattato intiero occuparono nella fisica d'Aristotele *(a)*? Dov'è da osservare, che Aristotele considera come molto importante per un fisico la questione dell' infinito, e ne adduce in prova, che quanti avevano fin allora con qualche dignità trattata la fisica, tutti avevano diligentemente disputato dell'infinito. E che potevasi imparare da tali dispute, dove soltanto cercavasi se l'infinito fosse sostanza o accidente, se corporeo od incorporeo, ed altre simili vanità? E che potevano parimente conchiudere que' filosofi per quanto si dibattessero caldamente su le questioni tanto decantate dell'eternità o temporaneità del mondo, dell'unità, o della pluralità, e d'altri simili punti, che molto erano allora in voga, ma che non potevano mai risolversi con qualche accertatezza? Che perdita per la fisica, che ingegni sì vasti e sublimi si abbandonassero a vane ed incomprensibili investigazioni, dove altro trovare non potevano che inconcludenti congetture, e trascurassero le più ovvie, e più utili

(a) *De auscult.* lib. III, tract. II.

ricerche, dove giunger potevasi alla verità! Quante verità interessanti non avrebbono potuto rintracciare que' sottili filosofi, se in vece di raziocinj, e discorsi avessero amato di adoprare sperienze, ed osservazioni? I progressi recati da Ippocrate alla medicina, e da Aristotele alla storia naturale fanno vedere quanto dovesse sperare da tali ingegni la fisica, se l'avessero seguíta per le vere sue vie. Ma gli antichi fisici, come ci fa intendere Aristotele (*a*), stimavano impresa degna della loro scienza l'affrontare intrepidamente, e senza esitanza le più ardue ed alte questioni, e riguardavano come piccioli e miserabili scrittorelli que' che si contentavano di spiegare la natura d'un qualche sito, o qualche fenomeno particolare, e non s'inalzavano all'universale contemplazione di tutto il mondo, e alle generali vedute della natura. Quindi ingegnose ipotesi, e sottili pensieri, ragionamenti talora fini, ma rare volte sodi e fondati occupavano tutte le pagine dell'antica fisica: non vi cercate sistemi uniformi e legati in tutte le loro parti, spiegazioni chiare, soluzioni applicabili a tutti i fenomeni della natura; non troverete che lunghi ragionamenti, pochissime osservazioni, ed ancora meno scoperte.

Spirito di partito delle diverse sette.

La diversità delle sette, lo spirito di partito, e il genio scolastico avranno molto contribuito a rallentare i veri progressi della fisica, e gli utili avanzamenti nella cognizione della natura. Non applicarsi a ritrovare la verità, non lavorare per conoscere la natura; ma rovesciare i partiti contrarj, e sostenere il proprio sodo ed immobile, atterrar l'avversario, e rimanere nella lizza vittorioso e trionfante è l'impegno delle sette, e lo studio de' settarj scolastici. Quindi congetture ed ipotesi, obbiezioni, sutterfugj, sofismi, cavilli,

(a) *De Mundo* cap. I.

pascolo delle dispute e de' dibattimenti scolastici, sono stati il frutto dello studio de' greci fisici, e pochissime verità sono state prodotte da quelle litigiose e superbe scuole: nel ritiro e nella quiete, nella solitaria e tranquilla osservazione della natura, non in mezzo alla polvere delle scuole, o fra gli schiamazzi e le grida delle scolastiche dispute nascono le grandi scoperte, e si presentano le utili verità. Infatti quali sono le grandi scoperte, che debba la fisica a quelle famose sette? La setta jonica, la prima di tutte le sette greche, quella, che coltivò particolarmente lo studio della natura, e si distinse col nome di fisica, che altro ci ha lasciato con tutti i gran nomi di Talete, d'Anassimandro, d'Anassimene, d'Anassagora, d'Archelao, e di tant'altri, che vane opinioni su' principj de' corpi, su la natura delle stelle, e talor anche su la formazione delle meteore, e congetture senza fondamento su la pluralità de' mondi, su l'eternità della materia, e su altri simili punti, profferendo tali stranezze, che, sebben tramandateci dagli stessi greci posteriori, non possiamo crederle asserite da que' primi filosofi? La setta italica, o pitagorica, quantunque meno rinomata per la parte fisica che per la matematica, e per la morale, è forse nondimeno più benemerita di quella scienza, che la jonica celebrata col nome di *fisica*. Infatti Empedocle, Archita, Filolao, Eudosso, ed altri illustri filosofi, che studiarono attentamente la natura, unendo l'ajuto delle dimostrazioni matematiche alle fisiche speculazioni, furono pitagorici; molti moderni vogliono riconoscere le forze attrattive, e ripulsive del Newton nella concordia, e discordia del pitagorico Empedocle, e credono di vedere negl'intervalli musici de' pitagorici le leggi dell'attrazione: e certo alcune più giuste cognizioni della natura de' corpi celesti, e della costituzione dell'universo si sentivano

Setta jonica.

Italica.

nella scuola italica che nella jonica. Ma nondimeno non erano nel restante più utili le fisiche speculazioni de' pitagorici, che quelle degli altri filosofi, ed ugualmente perdevansi in ricerche astratte ed incomprensibili, dove altro trovare non potevano che semplici congetture; nè quelle stesse cognizioni, che avevano più giuste degli altri, erano abbastanza chiare, ed assai depurate d'errori, nè si presentavano sì sode e ben fondate, che potessero riceversi come vere scoperte; ed era in oltre tutta la dottrina pitagorica troppo piena di numeri, e d'oscure, e d'enimmatiche espressioni, per potersene ricavare qualche utile verità. All'Italia parimente appartiene, e può anche dirsi italica la setta eleatica; ma questa non ha recato alla fisica verun avanzamento. Senofane, Parmenide, Melisso, e Zenone furono più metafisici che fisici, e poco mostrarono di coltivare lo studio della natura. Eraclito ottenne in questa parte maggiore celebrità, e si fece molti seguaci, onde si formò una setta d'eraclitei; ma la sua dottrina, oltre che rimaneva inintelligibile per l'oscurità, non sembra che s'inoltrasse gran fatto nelle ricerche della buona ed utile fisica. Fiorirono poi Leucippo, e Democrito, i quali lasciando monadi e numeri, idee e forme, ragionamenti astratti e principj metafisici, si diedero ad esaminare in sè stesse le operazioni della natura, e cercarono di spiegare meccanicamente i suoi fenomeni: Democrito singolarmente mostrò in varie sue opinioni un sottile e giudizioso avvedimento, che gli meritò giustamente la lode di fisico. Ma anche Democrito fra alcune poche verità, profferite da lui forse senza averne un sodo e valevole fondamento, cadde in errori sì grossolani, che mal si convengono ad un fisico anche d'un mediocre sapere. Il maggiore, e quasi l'unico monumento, che noi abbiamo della fisica greca, sono le opere d'Aristotele, e que-

Eleatica. Eraclito. Democrito. Aristotele.

ste appunto ci danno una chiara pruova della vanità della sua dottrina. Quante vuote ed inutili sottigliezze su' principj naturali, su la natura, e su le cose, com'egli dice, che hanno natura, o sono secondo natura, sul caso, su la fortuna, su la necessità, su le cagioni, e su le diverse sorti di esse, e su altri punti, che sembrano offrire materia a sode ed interessanti cognizioni, ma che nelle mani di quel gran filosofo restano oscurati ed involti in un gergo di metafisici, ed astratti ragionamenti? Chi non s'aspetta profonde osservazioni, ed utilissime riflessioni sul moto in tanti libri, che un filosofo, come Aristotele, ha voluto scrivere su questo grave argomento (*a*)? E che vi trova, se non che intempestive diceríe su l'essere in atto, o in potenza, secondo sostanza, o quantità, o qualità, e su le inutili sue categoríe, per conchiudere il grande scoprimento, che il moto è *l'atto di ciò ch'è in potenza, in quanto è tale* (*b*), *che sono tre spezie di moto, moto del quanto, moto del quale, e moto secondo il luogo* (*c*), e tali altre frivolezze, che fanno sfuggir la pazienza al più paziente lettore, e gettare mille volte di mano i tanto famosi libri della *fisica ascoltazione* dell'adorato maestro del peripato? Lunghi discorsi sul corpo perfetto, su' corpi gravi che vanno in giù, su' leggieri che vanno in su, e su' semplici che girano all'intorno, su' modi varj, in cui una cosa può dirsi o no generabile, e corruttibile, e su altri simili punti ugualmente inutili, o pieni di falsità empiono la maggior parte de' libri intorno a' cieli per dirvi pochissime ed ovvie verità immerse in errori, che atteso il nome dell'autore sono stati grandemente nocevoli alla fisica, ed all'astronomía. Lascio i libri della generazione e corruzione, del mondo, e d'altre materie

(a) *De natur. ausc.* lib. III . . . . . . VIII.

(b) Lib. III, c. I. (c) Lib. V, c. III, ec.

di fisica generale: non è il nostro intento fare la critica, nè dare un distinto ragguaglio degli scritti di quel grand'uomo; dirò soltanto, che comunemente in tutti i punti, che in tali libri prende a trattare, entra in questioni non necessarie, e si divaga in ragioni e discorsi, che oscurano anzichè illustrino le materie; che poco, o niente dice di opportuno, e di sodo per formare la mente del lettore alla cognizione della natura; e che pochissimo vantaggio può ricavare questa parte della fisica dalle opere d'Aristotele. Altro metodo, altra sodezza ed utilità ha mostrato questo filosofo nell'illustrare quelle parti della fisica, che la fisiología e la storia degli animali risguardano; dove ci dà un'evidente riprova di quanto avrebbe potuto aspettare dal suo ingegno tutta la fisica, se in vece di raziocinj, e cavilli avesse sempre voluto seguire le sperienze, e le osservazioni. Nè meglio d'Aristotele, e de' suoi seguaci hanno giovato alla fisica gli altri filosofi. Gli

Stoici.

stoici amavano particolarmente la dialettica e la morale, ma non abbandonavano per questo la fisica; e la *fisiología degli stoici* ha data materia di tre libri al celebre Giusto Lipsio, illustratore di tutta la stoica filosofia (*a*). Ma gli stoici, che anche nella morale lor tanto cara si perdevano in sofisticheríe, e in ridicole frivolezze, come spesse volte loro rimprovera Seneca (*b*), come potevano ricercare la sodezza nella fisica, che solo trattavano leggiermente? Infatti questioni su' principj agente e paziente; se sia o no fuoco la natura, e se Iddio sia la natura, ed un fuoco artifiziale, e lo stesso mondo; se il mondo sia animato; e poche altre questioni, tutte simili a queste, formavano la fisica degli stoici. Cleante, Crisippo, e i primi maestri di quella setta erano troppo dominati dallo

(a) Tomo IV *Phisiol. stoic. libri tres*. (b) Ep. CVI, al.

spirito eristico, e troppo amavano le sottigliezze, e cavillazioni dialettiche per poter attendere colla dovuta sodezza alle fisiche verità. Lo stoicissimo Seneca, il più chiaro lume della stoica filosofia, quando entrò a trattare questioni naturali raccolse da altri filosofi varie opinioni, che illustrò coll'acutezza del suo ingegno, ma non mai si attenne ad alcuna de' suoi stoici, nè mai cita alcun filosofo di quella setta, ed appena una sola volta nomina il maestro della medesima Zenone. La fisica d'Epicuro presa in gran parte da quella di Democrito come meno astratta e metafisica, e più meccanica e semplice, così era la più istruttiva di quante occupavano le greche scuole. Moltissimi libri scrisse Epicuro intorno a materie fisiche, che sono tutti periti; ma fortunatamente per noi formò in due lettere, una ad Erodoto, e l'altra a Pitocle, un compendio de' principali capi della sua dottrina, spiegati più lungamente in tutti que' libri; e queste lettere conservateci da Laerzio *(a)*, e poi in questi secoli eruditamente illustrate dal Gassendo *(b)*, ci danno un'idea assai vantaggiosa del modo di trattare la fisica d'Epicuro, superiore nella chiarezza e giustezza a quello che vedesi in Aristotele, ed a quanto apparisce ne' frammenti, o nelle memorie degli altri fisici greci. Meglio ancora risplende la fisica d'Epicuro nell'elegante e dotto poema di Lucrezio, nel quale con chiarezza, e con forza si espongono le ragioni delle sue opinioni, se ne sciolgono le contrarie opposizioni, e si dà un assai pieno trattato della fisica d'Epicuro *(c)*. Dov'è da osservare, che i latini prendendo da' greci le fisiche cognizioni, erano più felici degli stessi loro maestri nello sporle nel migliore lor lume, e che non hanno gli stoici in tutta la Grecia uno scrittore di

Epicurei.

(a) In *Epic.* XXIV. (b) Animadv. in lib. X Diog. Laert. *De Physiol. Epic.*
(c) Lucr. *De rerum natura*.

fisica, nè forse ancor di morale, come il filosofo Seneca, e molto meno gli epicurei, chi possa entrare in competenza col poeta Lucrezio. Che gloriosi avanzamenti non avrebbe potuto sperare la fisica dagl'ingegni romani, se avessero avuto il tempo, e la volontà di promovere tali studj! Ma sebbene è vero, ritornando a' greci, ch'Epicuro, ed i suoi seguaci abbracciarono un metodo più opportuno, e più giusto di studiare, e di spiegare la natura, e seguirono una fisica più chiara, e più adattata alla nostra intelligenza, non ebbero non pertanto la gloria d'arricchire quella scienza d'interessanti scoperte, e di profonde verità, nè di procacciarle grandi progressi. La setta accademica, la scettica, e l'altre simili erano bensì esenti dallo spirito di partito troppo dominante nelle or mentovate, e lungi dal sostenere, e promovere ostinatamente un'opinione, cercavano di distruggerle, ed atterrarle tutte: ma appunto per questo genio *aporetico*, od *acatalettico*, non solo non avanzarono in parte alcuna la fisica, ma in tutte la fecero decadere, e giacere in abbandono, e dimenticanza. Ecco dunque, che percorrendo tutte le scuole da Talete fino alla decadenza della greca filosofia, le ritroviamo bensì occupate in perpetue dispute, ed in litigj interminabili, ardentemente impegnate in sostenere, e difendere le proprie opinioni, ma appena vediamo recato da quelle verun vantaggio alla fisica.

Altre sette.

Romani.

I romani, occupati in governare gl'immensi loro stati, e reggere tutto il mondo, non avevano tempo di coltivare gli studj speculativi, nè potevano prestare qualche attenzione alle filosofiche teoríe, fuorchè nelle brevi lor ferie, e ne' momenti di vacazioni, e divertimenti; onde non era da sperarsi, che facessero molti progressi nella fisica, la quale esige ozio e quiete, lunghe ore d'osservazione, e replicate ed attente

sperienze. Il primo romano, che sia lodato come investigatore della natura, e che possa in qualche modo avere il nome di fisico, è Nigidio Figulo, non anteriore al tempo di Varrone, e di Cicerone: ma Nigidio era ne' suoi scritti d'una tale sottigliezza ed oscurità, che quasi da nessuno fu letto, e poco, o niente potè giovare a promuovere quegli studj (*a*); e dalle lodi, che alcuni antichi gli danno, sembra che fosse più stimato da' romani come astrologo e mago, che come vero, e rispettabile fisico. Varrone, Tullio, Cornelio Celso, ed altri dotti romani nell'immensa loro erudizione avranno anche abbracciato lo studio della natura; e gli scrittori d'agricoltura ci fanno vedere, che n'avevano acquistate parecchie utili cognizioni: ma scrittori, che direttamente si prendano a trattare di fisica, scrittori, che possano collocarsi nella classe de' fisici, non abbiamo che Lucrezio, la cui aggiustatezza, chiarezza, e forza nel proporre, e difendere le sue opinioni, e nel combattere le contrarie l'appalesano non meno dotto e profondo fisico, per quanto era da pretendersi a que' tempi, che elegante e sublime poeta; e Seneca, che nel proporre le questioni naturali, nello sporre, ed illustrare le altrui opinioni, e nell'aggiungere le sue riflessioni si solleva dal volgo de' fisici di quel tempo, e in mezzo ad alcuni errori, che alle volte abbraccia con troppa docilità, può dare non pochi lumi anche a' buoni fisici de' nostri dì. Ma dopo Seneca non più si trova nè fra' greci, nè fra' latini chi possa con qualche diritto aspirare al nome di fisico. I filosofi de' tempi posteriori, fossero ecclettici, o platonici, o peripaterici, o stoici, s'inalzavano a sublimi, ed aeree astrazioni, ed a teoríe pneumatologiche, e teologiche, non vedevano che spiriti e

Nigidio Figulo.

Lucrezio.

Seneca.

(a) A. Gell. lib. XIX, c. XIV.

dei, e perdevano di vista la contemplazione de' corpi naturali, nè si curavano di dare un leggiero sguardo alla fisica. Venne meno anche questa filosofia metafisica, e teologica: col decadere sempre più l'erudizione, ed il gusto cominciarono ugualmente ad abbassare le filosofiche mire, e dalle metafisiche astrazioni, da' mistici, e teologici agguindolamenti si venne alle vocali ed ermeneutiche sofisticheríe; e cavillazioni logicali, dialettiche arguzie, ed inutili ciancie occupavano le scuole sì latine che greche, nè in parte alcuna si pensava mai alla fisica. Gli arabi furono que', che la richiamarono alle filosofiche scuole. Si diedero, è vero, anch'essi principalmente alle sottigliezze dialettiche e metafisiche, e la maggior parte di que' filosofi impiegarono le loro fatiche in traduzioni, comenti, ed illustrazioni de' libri logici e metafisici d'Aristotele: ma trasportati com'essi erano per tutti i rami delle scienze, e per tutte le opere d'Aristotele, rivolsero eziandío alla fisica i loro studj, e prestarono a' libri fisici del greco filosofo gli stessi onori, che avevano sì largamente tributato a' logici, e metafisici. Averroe, Aben Pace, Alfarabio, e molt' altri scrissero di fisica, e comentarono i libri fisici dell'universale loro maestro; Avicenna, Achireddino, ed alcuni altri scrissero in questa parte con tanto incontro de' loro nazionali, che trovarono parecchj filosofi, che comentassero la loro fisica; e vedonsi nelle arabiche biblioteche molti libri di fisica, e molti comenti della fisica d'Aristotele, e di quella eziandío de' suoi comentatori. Ma gli arabi, propensi già da sè stessi per le sottigliezze e cavillazioni, allevati poi fra le arguzie, ed i ghiribizzi della dialettica, e metafisica d'Aristotele, applicati quindi a comentare l'astratta e smunta sua fisica, che altro potevano fare che accumulare sottigliezze sopra sottigliezze, ed accrescere gli arzigogoli, i capriccj, e le

Arabi.

peripatetiche vanità? Ma si aumentarono ancora queste, e vennero al colmo della frivolezza, e fatuità colle dispute de' posteriori scolastici, e colle divisioni delle loro scuole. Scotisti, Occamisti, Tommisti, e altri simili nomi erano i titoli, che distinguevano quelle filosofiche truppe; questioni su la materia, e su la forma, su l'esistenza della materia o per la propria esistenza, ovvero per quella della forma, su l'appetito della materia a qualunque forma, anche alle forme corrotte, su la forma di corporeità, su la totalità scotica, e su mille altre simili inezie tenevano in armi quelle numerose scuole, e faticavano la più dotta ed erudita parte di tutta l'umanità. Che se un Alberto, un Bacone, un Lullio, un Arnaldo ebbero qualche cognizione di cose naturali, non l'ottennero certamente dalla fisica delle scuole; ma la chimica, la meccanica, la privata loro pratica ed esperienza, ed i secreti loro studj li condussero a quelle notizie, che invano avrebbero ricercate ne' libri di fisica, che allora si potevano leggere, o nelle lezioni de' maestri, che maggiore strepito menavano nelle romorose università. E quegli stessi se volevano entrare nella fisica teorica si ristringevano, come tutti gli altri, nelle scolastiche puerilità, nè sapevano sollevarsi a più sode ed utili disquisizioni. Lasciamo nell'oblío e nel meritato abbandono que' lunghi ed infetti secoli di tenebre e di oscurità, e veniamo a tempi più lieti a contemplare nel principio del passato secolo la nascita della vera fisica, e i due suoi padri Bacone di Verulamio, ed il Galileo.

Scolastici.

Bacone fu il banditore delle leggi, che impone la fisica a chi vuole scoprire le utili verità. Non questioni e litigj, non distinzioni e parole, non argomenti e cavilli, non testi e citazioni, non cieca soggezione alle decisioni degli altri filosofi; ma mente libera da' pregiudizj, e dalle anticipate opinioni

Bacone

delle passioni, de' sensi, dell'educazione, e d'altre cagioni, ch'egli col metaforico suo stile chiama *idoli* della *tribù*, della *grotta* del *foro*, e del *teatro* (*a*), inquisizione della natura, che sia continuata, variata, e contratta al suo soggetto (*b*), storia naturale e sperimentale, come vengono da lui sposte (*c*), fatti, sperienze, ed osservazioni, oculata e riservata analogía, e sodo e fondato raziocinio sono i sussidj, che addimanda Bacone per l'interpretazione della natura, e per cogliere i più secreti suoi sensi; ed ogni sua dimanda rinforza con tanto peso di ragioni, e con tanta copia d'esempj, e profondità di dottrina, che non solo co' suoi precetti, ma altresì cogli esempj ha molto giovato alla formazione d'una nuova fisica, ed ha lasciati nelle sue opere i semi, e i principj di quella ristorazione della filosofia, a cui tendevano i suoi studj. D'uopo è nondimeno, che questo gran ristoratore delle scienze ceda la mano nella fisica al Galileo, il quale non che ristorarla, la creò, si può dire, di nuovo. La sua meccanica è la prima opera di fisica generale, dove si veda questa trattata colla dovuta sodezza e dignità, ed è in verità, com'egli amò di chiamarla, una *scienza* realmente *nuova*. La scienza del moto, su cui tanti libri scrisse Aristotele, e lasciò a' posteri tanti errori, ebbe dal Galileo que' lumi, che nè le antiche, nè le moderne scuole le avevano saputo recare, e che hanno servíto a rischiarare tutta la fisica. Egli toccò soltanto qua e là i punti della generazione de' corpi, della rarità e densità, e dell'altre qualità; e sebbene questi formavano la principale parte della fisica di que' tempi, ebbe la prudenza, e il coraggio di non trattarli che leggiermente, e per caso, e poco ne lasciò scritto; ma in questo poco seppe spiegarli

Galileo.

(a) *Nov. organ* lib. I. (b) *Impetus philosophici*.

(c) *Parasceve ad hist. nat.*, et *Exp. Hist. nat. Centur.*

assai chiaramente, senza forme sostanziali, nè accidentali, e senza quelle oscure e vuote parole, che tanto amavano tutte le scuole; e può pertanto chiamarsi precursore al Cartesio d'una verità, che fece tanto risuonare il nome del francese filosofo. Egli ha reso alla fisica il gran vantaggio d'unirle la geometría, e di darle così un'accorta e sicura guida. La sperienza, e l'osservazione hanno diretta la sua mente nella contemplazione della natura, e regolato il suo giudizio, nè ha mai trattata alcuna materia, nè ha profferita opinione alcuna intorno a' punti di fisica, che non l'abbia bene appoggiata alla sperienza, ed osservazione, e assoggettatala alla geometrica severità. A lui dobbiamo una bilancia idrostatica, un termometro, ed altri stromenti per fare sperienze fisiche, che ne hanno fatto poi nascere altri più esatti e perfetti: da lui pure prendonsi i primi saggi della sagacità e diligenza nell'osservare, e sperimentare, ed egli è il primo maestro della logica, per così dire, fisicale, o sia di quell'arte di fare le sperienze, e le osservazioni, ch'è il fondamento, e la base di tutta la fisica, e su cui con tanta sottigliezza e dottrina hanno poi scritto il Muschembroek (*a*), ed il Senebier (*b*); egli insomma è il primo filosofo, cui possa giustamente darsi il nome di fisico. Coll'esempio, e colle lezioni del Galileo quest'unico e sicuro, ma affatto nuovo modo di trattare la fisica si sparse allor per l'Italia, singolarmente per la Toscana. Il Riccioli, ed il Grimaldi fecero in Bologna molte e varie sperienze, onde confermarono la dottrina meccanica del Galileo, e trovarono altre nuove verità. Non con definizioni arbitrarie, nè con astratti argomenti all'uso delle scuole, ma con diligenti sperienze, e con geometriche dimostrazioni, su l'esempio del Galileo,

Altri fisici italiani.

(a) *De method. instituendi Exper. phys.* (b) *Art d'observer.*

trattò il Castelli della misura delle acque correnti, e vi fece interessanti scoperte. Il Torricelli, oltre molte fisiche verità, che scoprì collo stesso metodo, arricchì la fisica d'uno de' più preziosi suoi stromenti per penetrare ne' secreti della natura coll'invenzione del barometro, della quale abbiamo di sopra parlato, e ritorneremo poi a farne discorso. E così parecchj altri filosofi nell'Italia, senza curare lo scolastico metodo, nè le peripatetiche sottigliezze, vollero seguire il galileano, e trattare la fisica con isperienze, ed osservazioni, e con geometrici ragionamenti.

Intanto due grand'uomini nella Francia tentarono di procacciare alla fisica un maggiore vantaggio. Galileo, ed i suoi seguaci si contentarono d'intendere, e di spiegare quelle verità, che la natura di mano in mano veniva loro presentando, nè ardirono di trattare la fisica che soltanto in una qualche sua parte; il Gassendo, e il Cartesio ebbero il coraggio d'abbracciarla tutta nella sua universalità, e crederono di poterci dare un intiero corpo di fisica. Il Gassendo, dichiarato contrario d'Aristotele, si rivolse a prendere partito nella setta d'Epicuro, e formò un corso di fisica generale conforme al sistema di questo filosofo secondo la spiegazione di Lucrezio. Cartesio senza cercare nè Aristotele, nè Epicuro, nè verun altro volle da sè solo fabbricare un sistema, e creare una fisica tutta sua. Fantasticò certi vortici, che urtandosi, e fregandosi fra di loro producessero tre sorti di materia più o men sottile, ch'ei chiama tre elementi, e con questi volle formare la luce, le stelle, i pianeti, il fuoco, l'aria, e gli altri elementi, e tutti i corpi dell'universo, e spiegare l'elasticità, la durezza, la gravità, e le proprietà de' corpi, e tutti gli accidenti, e fenomeni della natura (*a*). La

Gassendo.

Cartesio.

(a) *Princip.* part. III, at. IV.

fisica cartesiana non era più verace, e più soda che la peripatetica; nè col distruggere le forme, e le qualità occulte, ed introdurre i vortici e la materia sottile, fece altro che sostituire errori ad errori: ma come i suoi errori erano più dilettevoli e belli, le sue ragioni più chiare ed intelligibili, e tutta la sua dottrina più istruttiva e più amena; così potè farsi molti seguaci, ed ebbe la sorte di produrre nella fisica, e si può anche dire in tutta la filosofia, la più famosa, e la più importante rivoluzione. L'eccessivo rispetto d'Aristotele e de' suoi comentatori tenne per molti secoli come in ceppi la mente umana, nè poteva darsi un passo verso la verità senza rompere prima quelle catene, e distorsi da quella tirannica schiavitù. Le calde dispute de' greci e de' latini nel secolo decimoquinto su la filosofia platonica, e su l'aristotelica cominciarono a far coraggio a' curiosi per esaminare i libri d'Aristotele, che prima non riguardavansi che come irrefragabili oracoli, ed a deprimere alquanto la sua despotica autorità. Il Vives nel seguente secolo ardì di riprendere segnatamente i suoi libri fisici, e farne vedere la vuota garrulità (*a*); e poi Pietro Ramo trasportato da un furore antiperipatetico si mise a costo della propria vita a combattere furiosamente a voce ed in iscritto la stimata sua dottrina. Nel passato secolo Bacone e Galileo non solo scossero col fatto il giogo d'Aristotele, ma dissero su tale materia spiritose espressioni (*b*), che potevano incoraggire sempre più gli altri fisici a seguire il loro esempio. Più direttamente, e con maggior copia d'erudizione, e forza di ragioni combattè Gassendo l'adorato Aristotele, e scrisse due libri, in cui mostrò quante cose inutili, false, e contraddittorie si trovassero negli scritti

(a) *De corrupt. discipl.* lib. v.

(b) Gal. dial. I, e II: Saggiat. *Pens. varj*: Bac. *Nov. org.*, e al.

di lui (*a*). Tante scosse replicate da diverse mani in diversi tempi pareva, che dovessero gettare a terra tutta la fisica d'Aristotele, ed abbattere la venerata sua autorità. Ma questa pur si sostenne, e seguitò a dominare sovrana ed arbitra nelle scuole, finchè non le venne l'ultimo crollo dalle mani del Cartesio. Non erano ancor avvezzi gli uomini a pensare da sè, nè a contemplare in sè stessa la natura, ma volevano avere una guida, a cui abbandonarsi nelle loro ricerche, ed un sistema, da cui ripetere la pronta spiegazione di tutti i fenomeni della natura. I greci, il Vives, e il Ramo, che avevano combattuto Aristotele, non trattarono punti di fisica, nè poterono darsi per guida agli studiosi di quella scienza. Bacone, e Galileo aprirono a' fisici una via sicura bensì, ma troppo lunga per poter appagare la loro curiosità, nè pensarono di formare un nuovo sistema, a cui ridurre tutte le operazioni della natura, e sostituirlo all'aristotelico. Volle bensì sostituirne uno il Gassendo, ma richiamò quello d'Epicuro, filosofo troppo screditato per potergli guadagnare molti seguaci. Non erano pertanto ascoltate le loro voci, e seguitavano le scuole a consultare l'oracolo d'Aristotele, mentre altro non avevano, a cui ricorrere. Ma quando venne Cartesio, e presentò a' filosofi il suo sistema, quando in vece delle forme, e dell'entitatule metafisiche, delle voci oscure, e delle parole insignificanti, con cui spiegavansi nelle scuole le questioni naturali, propose combinazioni, configurazioni, e ragioni meccaniche, che se non erano sempre affatto vere riuscivano almeno più chiare, e più adattabili alla comune intelligenza, si formò subito un numeroso e forte partito, si cominciò a sbandire dalla fisica il gergo metafisico, e cercare

---

(a) *Exercit. parad. adv. Arist.* ec.

intelligibili spiegazioni, si scosse il giogo dell'autorità, e si ascoltò solo la ragione, e si produsse un intiero cambiamento nella fisica. Il sistema del Cartesio non era in verità quale esser doveva, fondato su' fatti della natura, e rinforzato con molte e variate sperienze; il fuoco e bollore della sua immaginazione non gli permetteva pesare maturamente ogni cosa, ed aspettare le lente, benchè sicure, decisioni delle sperienze ed osservazioni, e lo faceva correre ad asserzioni non avverate, e precipitare in errori. Ma Cartesio procacciò nondimeno due gran vantaggi alla fisica, introdusse ne' filosofi quello spirito di curiosità, di disquisizione, e di diffidenza, che ricerca ogni cosa, che tutto pesa, che non mai si contenta, e che giunge finalmente a scoprire la verità, e sbandì dalla fisica le entità superflue, le cavillazioni metafisiche, le parole prive di senso, i misteriosi nienti, e l'enimmatiche, ed inintelligibili spiegázioni, proponendo sempre ragioni meccaniche e sensibili, e parole chiare, e d'uso comune, e predicando in tutto evidenza, chiarezza, facilità. La rivoluzione prodotta dal Cartesio fu più rapida, più efficace, e più universale, si propagò per tutte le scienze, e fece breccia perfino nelle università, e nelle scuole, ostinatamente attaccate alla dottrina peripatetica. I vantaggi recati alla fisica dall'esempio, e dalla dottrina del Galileo furono in verità più ristretti, ma più sodi, e reali. I discepoli del Galileo non corsero dietro a brillanti ipotesi, e speciosi sistemi, cercarono posatamente nuove scoperte, ed utili verità. Osservazioni, sperienze, e geometriche dimostrazioni sono stati i mezzi adoperati dal Galileo, e da' suoi discepoli nelle fisiche speculazioni. L'accademia del *Cimento*, esemplare delle accademie scientifiche, frutto della filosofia del Galileo, e dello zelo letterario del cardinale Leopoldo de' Medici, fu la

Accademia del Cimento.

prima scuola di fisica sperimentale, che è dire di vera fisica. Il gran-duca Ferdinando II fino dall'anno 1651 aveva coll'ajuto d'alcuni fisici da lui radunati fatte varie sperienze per investigare la natura de' corpi, e trovati diversi stromenti per tali sperienze (*a*). Ma nel 1657 il principe Leopoldo, poi cardinale, istituì formalmente un'accademia, che avendo per iscopo il fare varie sperienze, e porre come a cimento la natura, ebbe il nome d'*Accademia del Cimento*. Il Viviani, il Redi, il Magalotti, il Borelli, ed alcuni altri, che possono vedersi nel Nelli (*b*), e nel Targioni (*c*), erano i socj di quest'accademia, cui presiedeva il principe Leopoldo, che n'era l'anima, e che si mostrava anch'egli in tutte le sessioni valente fisico. Non durò più di dieci anni quell'accademia: ma noi abbiamo raccolte, e descritte dal Magalotti le varie sperienze, e le utili scoperte in essa fatte, e possiamo dire con verità, che nè v'è accademia alcuna delle più romorose, che possa in sì pochi anni vantare tante scoperte, nè v'ha libro alcuno di fisica de' più lodati, che in sì brevi pagine contenga tante utili verità. Ma ciò che più fa al nostro proposito, quest'accademia aprì a' filosofi la vera via d'esaminare i fenomeni, di studiar la natura, di penetrare negli aditi della fisica, insegnò insomma la fisica sperimentale. Il Bacone, ed il Galileo avevano colle sperienze ricercata la verità; ma erano per lo più sperienze prese dalle ordinarie, e per così dire naturali operazioni della natura, e queste ci si presentano comunemente troppo complicate, e vestite d'estrinseche circostanze per poterci chiaramente mostrare la verità ricercata; d'uopo è pertanto a tal fine spogliarle di ciò che non appartiene al nostro proposito, e farle comparire nell'opportuna semplicità. Il Torricelli incominciò in qualche modo coll'

(a) V. Nelli *Saggio di Storia letter. Fior.* (b) Ivi.

(c) *Not. degli Aggrand. delle Sc.* ec. tom. I e II, par. II.

invenzione del barometro a mettere al cimento la natura, e sforzarla con disusate operazioni a scoprire il secreto, che si cercava. Ma gli accademici fiorentini furono in questa parte i veri maestri: essi seppero ingegnosamente pensare le più acconcie sperienze, e disporle nella guisa più comoda, più precisa, e più decisiva, essi inventarono alcuni stromenti fisici, e ne migliorarono altri per rendere colla necessaria esattezza le ideate sperienze; essi avevano l'occhio attento a tutte le circostanze de' più minuti accidenti, e replicavano, e variavano le sperienze, nè profferivano il loro giudizio se non che diligentemente pesati, ed esaminati in tutti i loro aspetti i fenomeni; essi insomma diedero il vero esempio di fare opportunamente le sperienze, e furono i padri e i primi maestri della fisica sperimentale. Contemporaneamente nella Francia esaminava il Pascal l'aria e i liquori con tanta copia, varietà, e sceltezza di sperienze, che i suoi trattati dell'equilibrio de' liquori e del peso dell'aria servirono a' filosofi ed a' matematici d'eccitamento, e d'esempio per coltivare la fisica sperimentale. Allora il Rohault, animato dello stesso spirito fisico e geometrico del Pascal, spiegava le questioni della fisica con ragioni, e le confermava colle sperienze. Ottone Guericke nella Germania inventava macchine e sperienze per ritrovare alcune fisiche verità, e gli emisferj magdeburghesi, e la macchina pneumatica, ed altre macchine, che hanno molto servíto ad illustrare tutta la fisica, sono invenzioni, che faranno immortale ne' fasti delle scienze il nome del Guericke (*a*). Roberto Boile nell'Inghilterra ritrovò al tempo stesso da sè la macchina pneumatica senza cognizione di quella del Guericke, e la condusse a molto maggiore perfezione, inventò al-

Pascal. Rohault. Guericke. Boile.

(a) *Exper. nova Magdeburg.*

tre macchine, e moltissime nuove sperienze intorno all'aria; e scoprì col loro mezzo molte recondite verità, che sono state feconde a' posteriori filosofi d'interessanti scoperte. Si rivolse in oltre ad illustrare con molta copia di sperienza l'idrostatica, gli stessi ajuti recò a' trattati su le proprietà de' corpi, ed a tutta la fisica, e fece servire a vantaggio di questa la poco fin allora stimata chimica, inventò nuovi stromenti e nuove sperienze, introdusse maggiore finezza e destrezza nelle operazioni, avanzò l'arte di sperimentare, e meritò in qualche modo d'essere riguardato da' posteri come il padre e maestro della fisica sperimentale. L'attezza, la proprietà, e l'esattezza degli stromenti, la sceltezza, e novità delle sperienze, la diligenza, dilicatezza, e sagacità nell'eseguirle, e lo spirito geometrico nel pesare tutte le circostanze, nel riportarle alle ricerche propostesi, e nel ricavarne le legittime conseguenze distinguono gli or nominati fisici, e li levano ad una nuova classe di fisici sperimentali. Altri filosofi tentarono pure d'indagare con isperienze i secreti della natura. Il Porta, il Kirker, lo Schott, il Fabri, il Lana, e parecchj altri fecero molte fisiche sperienze, e giunsero anche a vedere molte nuove verità, che privi de' mezzi opportuni, e impediti da' pregiudizj scolastici non seppero porre nel loro lume; e sarebbe or un utile studio per un dotto, e sagace fisico l'esaminare attentamente i libri di que' filosofi, e ripescare, come in Ennio fece Virgilio, nella scoria delle opinioni troppo buonamente da loro abbracciate l'oro di molte curiose, ed interessanti verità da' medesimi ingegnosamente abbozzate. Per quanto li riguardino con disdegno i dilicati moderni, essi erano certamente valenti fisici, e in mezzo a' pregiudizj scolastici ed al rispetto per la dottrina aristotelica, che gli slontanava dalle nuove scoperte, in mezzo all'incolta e volgare

Altri fisici.

loro maniera di filosofare sapevano forse più fisica, che la maggior parte de' nostri presenti fisici con tutta la loro finezza, e scrupolosità. Ma appunto per la loro timidezza, e credulità, e per la trivialità de' loro stromenti, e delle loro sperienze non giunsero a meritarsi il nome di fisici sperimentatori, o furono considerati come sperimentatori peripatetici poco degni della credenza de' filosofi; e la gloria di padri e maestri della fisica sperimentale restò tutta intiera a' poc'anzi lodati fisici.

Stromenti della fisica.

La perfezione degli stromenti è il pregio principale, e quasi il distintivo della fisica sperimentale; e perciò i fisici si sono molto studiati non solo d'inventare macchine esattissime, ed acconcie al bramato fine, ma anche d'accrescere alle già inventate esattezza, sicurezza, e comodità. Il primo stromento, che siasi adattato a molti usi de' fisici, e possa pertanto ridursi alla fisica generale, è il termometro, la cui invenzione è attribuita comunemente all'olandese Cornelio Drebbel, ma gli viene anche non senza ragione contrastata da molti. Il Viviani dà al Galileo la gloria di tale ritrovato, e dice, che essendo stato da lui ideato, ed eseguíto verso l'anno 1592, fu poi *dal sublime ingegno del gran Ferdinando II perfezionato, e arricchito* (*a*). Al Galileo pure lo riferisce il Sagredo in una lettera, che gli scrisse nel 1613 in questi termini »: Lo » stromento per misurare il caldo inventato da V. S. è stato » da me ridotto in forme assai comode, ed esquisite (*b*) ». Il Morofio per altro dice, che l'inglese Roberto Fludd voleva spacciarsi per l'inventore del termometro, e che fondava in esso quasi tutta la sua filosofia, le cui pagine si vedono tutte a diritto ed a rovescio ingombrate dalle figure di tali stro-

Termometro.

(a) *Vita del Galileo*.

(b) V. Griselini *Mem. anecd. spett. alla Vita ed agli Studj di Fra Paolo Servita*.

menti (*a*). Io non ho mai potuto, e dirò anche non ho mai cercato di leggere le opere del Fludd, nè posso però giudicare della verità, e del merito di questa sua pretesa invenzione. Ma vedendo nell'esame, che della sua filosofia pubblicò il Gassendo (*b*) quanto esso fosse fanatico, e visionario, ciò che comunemente viene confermato da quanti hanno voluto fare lo stesso esame, osservando che il Viviani riporta l'invenzione del Galileo verso l'anno 1592, dopo il qual tempo viaggiò il Fludd per l'Italia, come per la Francia, e per la Germania, ricercando curiosamente quanto potesse giovare alla maggiore sua istruzione, e riflettendo che il Bruckero racconta (*c*), ch'ei si vantava d'avere presa quest'invenzione da un vecchio codice di cinquecento anni, credo potersi ragionevolmente asserire, che il Fludd non fu in verun modo inventore del termometro, ma che avendolo altrove veduto, o sentitane la descrizione, lo applicò a suo modo alla sua filosofia, e lo fece servire alle sue potenze *boreali*, ed *australi*, o condensante, e rarefaciente, colle quali cercava di spiegare tutti i fenomeni della natuta, non l'adoperò, come il Galileo, ed il Drebbel, a' veri usi d'una sagace, ed utile fisica. Altri danno al Santorio l'onore di questa scoperta; ed egli infatti nelle sue opere descrive tre forme diverse di termometri, e n'asserisce per sua l'invenzione (*d*). Veramente il Santorio era dotato di tanto ingegno per inventare utili macchine, e ce n'ha date realmente tante, che facil cosa gli sarebbe stata il formare da sè anche questa. Ma siccome egli era professore in Padova dopo il 1611, dove era stato parimente per varj anni professore il Galileo, e vi avea ritrovato il termometro, ed applicatolo ad usi fisici, pare più verisimile, che

(a) *Polyst.* lib. II, Part. II, cap. XVIII. (b) *Exam. philos. Fluddanae.*
(c) *Hist. phil.* t. IV, par. I, lib. III, cap. III. (d) *Comm. in Can. Avic.* lib. I, qu. VI.

avesse conosciuto il termometro del Galileo, e con questo lume formato il suo, ed applicatolo all'uso della medicina. Hanno pure voluto alcuni ripetere quest'invenzione da Bacone di Verulamio; e certo è, che il Verulamio spessissime volte parla de' termometri (*a*), che comunemente chiama *Vetri calendari*, e talor anche *termometri*, e *termoscopj* (*b*). Ma egli scrisse così soltanto verso il 1620: e infatti ne parla sempre come di cosa nota, e comune; onde si vede, che non n'era stato l'inventore, ma che già alquanto prima erano conosciuti, e ridotti ad uso comune tali stromenti. Il Drebbel sarà forse l'unico, che possa contrastare al Galileo tale invenzione; nè io vorrò levargli la gloria d'avere originalmente da sè inventata questa, come varie altre macchine. Ma non vedendo segnato precisamente da alcuno scrittore l'anno di questa scoperta del Drebbel, e riflettendo altronde, che verso la fine del secolo decimosesto, quando suppone il Viviani inventato dal Galileo il termometro, era egli ancor troppo giovine per ispacciar tali ritrovati, credo potere più giustamente attribuire al Galileo non solo l'originalità, ma il primato altresì di tale invenzione. Osservo in oltre, che al principio del secolo decimosettimo si vede molto in uso il termometro nell'Inghilterra, come abbiamo detto del Fludd, e del Verulamio, e poco, o niente nella Germania, dacchè il Guericke, scrivendo verso il 1670, riporta il termometro, o termoscopio come un ritrovato di circa a trent'anni prima (*c*); e questo mi fa pensare, che il Drebbel inventasse il suo termometro mentre era nell'Inghilterra ben accolto dal re Giacomo, cioè dire inoltrato già il secolo decimosettimo, molti anni dopo l'invenzione del Galileo. Ma chiunque siane stato il primo inventore, il termo-

(a) *Nov. org. II Aphor* ec., *Hist. vent.* ec., *Sylv. Sylv.* ec.

(b) *Sylv. Sylv.* centur. IX. (c) *Exp. nova* lib. III e XI.

metro rimase molto imperfetto, nè ebbe per molto tempo qualche conveniente esattezza. Gli accademici fiorentini furono i primi che dessero qualche perfezione al termometro: sostituirono all'acqua, e all'aria usata dal Galileo, e dal Drebbel lo spirito di vino, e varie forme, e costruzioni diedero a' tubi, e cinque diversi termometri inventarono più o meno perfetti, di cui far uso nelle accademiche sperienze (*a*). E il Renaldini, uno degli accademici, poi professore di Padova, fu il primo al giudizio del de Luc (*b*), che desse termini fissi a' termometri, ciò che pubblicò nel 1694. Non furono neppur questi riconosciuti da' posteriori fisici dell'ultima esattezza; e l'Allejo (*c*), il Newton (*d*), l'Amontons (*e*), e varj altri pensarono di sostituire allo spirito di vino il mercurio, l'olio di lino, o altri fluidi, e cercarono altri miglioramenti a' termometri. Frutto di queste speculazioni si può dire il termometro del Fahrenheit. Il de Luc crede, che questi sia stato il primo a servirsi del mercurio nella costruzione de' termometri (*f*). Ma questo primato gli può giustamente venire contrastato dal Lana, il quale certo molt'anni prima l'aveva usato a quel fine (*g*). Forse il Fahrenheit l'avrà adoperato con maggiore finezza, e con migliore effetto, e come in oltre fece una scala, che più adattata gli parve a segnare la giusta gradazione del caldo, si sarà acquistato l'onore dell'invenzione (*h*). Il Reaumur, non contento di questi termometri, volle soltanto dare al fiorentino maggiore perfezione, e valendosi dello spirito di vino, dando a' tubi maggior ampiezza,

---

(a) *Saggi di nat. esp.* ec., *Dichiar. d'alcuni Strom.* ec.

(b) *Recher. sur les modific. de l'atmosph.* n. 122, 428.

(c) *Phil. transact.* n. 197. (d) Ivi n. 270.

(e) *Acad. des Sc.* 1702, 1703. (f) Ivi n. 430.

(g) *Mag. nat. et art.* tom. II, lib. VIII, c. III. (h) *Transact. philos.* an. 1724.

e altra scala, formò i termometri, che hanno fra tutti ottenuta la più generale approvazione (*a*). Altro termometro inventò l'Hauksbeo, altro il Dellisle, ed altri altri fisici, che troppo sarebbe lungo di riferire (*b*); ed altri miglioramenti ha loro aggiunti recentemente il de Luc, il quale ha trattato de' termometri con tanta giustezza di dottrina, e copia d'erudizione, che può riguardarsi come il più benemerito, ed il vero maestro di questa parte della fisica (*c*). Più ancora ha occupata l'attenzione de' fisici l'invenzione del barometro. La varia sua costruzione, i diversi fenomeni, e le differenti spiegazioni di essi proposte da' fisici, e da' matematici darebbono materia a molte osservazioni, e ad una assai lunga storia. Ma noi non possiamo dire se non che nel 1643 fu inventato dal Torricelli il barometro per dimostrare l'effetto del peso dell'aria, senza che gli possa essere contrastata da alcuno la gloria dell'invenzione, e venne subito abbracciato da tutti i fisici; che Cartesio ne tentò un cambiamento, e Pascal ne variò le sperienze col farle in diverse altezze, e col cambiare nel tubo varj liquori; che l'Ugenio, e l'Hook fecero i barometri doppj, ne' quali speravano di ritrovare maggior esattezza; che l'Amontons, il Bernoulli, il Mairan, ed alcuni altri inventarono altri barometri, ed altri miglioramenti; che colle diverse sperienze del Pascal, le quali furono tosto replicate dagli accademici fiorentini (*d*), e poi dal Cassini, e da mille altri in differenti guise verificate, s'incominciò ad osservare, che nelle altezze diverse diversamente discende nel tubo il mercurio, come pure negli strati diversi dell'atmosfera; e quindi s'incominciò a prendere il barometro

Barometro.

(a) *Acad. des Sc.* an. 1730, 1731.

(b) V. *Analecta transalp.* tom. II, n. XI, an. 1749; De Luc. *Rech.* ec. t. II.

(c) Ivi cap. II ec. (d) *Saggi d'esper.* ec.; *Esper. fatta in Francia* ec.

come uno stromento capace di mostrare l'elevatezza dell'atmosfera, di misurare le altezze delle montagne, e di annunziare i cambiamenti del tempo; che diverse furono su ciascuno di questi punti le determinazioni, e le teoríe del Mariotte, del la Hire, dell'Amontons, del Mairan, e d'altri francesi *(a)*; del Wallis, dell'Allejo, e d'altri inglesi *(b)*, del Muschembroek *(c)*, e d'altri infiniti; che del solo fenomeno osservato per la prima volta dal Picard nel 1676 *(d)*, e poi dal Bernoulli, d'un picciolo lume, che si vede in alcuni barometri, detti perciò *luminosi*, si sono per molti anni occupati i sublimi ingegni del Bernoulli, dell'Homberg, del Fay, del Mairan, e di molti altri accademici, e rinomati fisici; che l'Amontons osservò il primo i cambiamenti prodotti anche ne' barometri dal caldo, che ha poi dato molto da studiare agli altri fisici, ed ha servíto a regolare più esattamente i barometri; che il la Caille, ed il Mayer osservarono l'influenza delle variazioni barometriche su le astronomiche rifrazioni; e che infinite sono le speculazioni, infinite le teoríe, infiniti i vantaggj, che hanno saputo ritrarre i filosofi da quel picciolo stromento; e finalmente, che maestro di tutta la scienza barometrica s'è mostrato in questi anni il de Luc, che l'ha arricchita di molti lumi, e ci ha data la più compiuta dottrina di quanto appartiene alla medesima: e noi godiamo di potere rimettere a lui i lettori, che amino in questa materia più distinte notizie *(e)*. Per conoscere le variazioni dell'atmosfera prodotte dall'umido fecero uso nelle loro sperienze gli accademici fiorentini d'altro stromento, ch'è l'igrometro; e l'igrometro da loro usato era invenzione nata in quella corte *d'altissimo, e reale*

Igrometro.

(a) *Acad des Sc.* an. 1703, 1704, 1714, 1716, ec (b) *Trans. philos.* n. 9, 10, 55, ec.
(c) *Essais de phys.* tom. II. (d) *Hist. de l'Acad. des Sc.* tom. I.
(e) *Rech. sur les modif. de l'atmosph.* ec.

intendimento (*a*). Ma eransi già prima inventati da diversi ingegni, come dicono gli stessi accademici, molti e varj stromenti a quest'uso; e molti altri filosofi al sentire le invenzioni fiorentine, come dice il Muschembroek (*b*), si diedero a ricercare i metodi più opportuni per segnare le variazioni dell'aria derivate dall'umido; e molti infatti ne ritrovò il Lana (*c*), e molti se ne vedono nello Sturmio (*d*), nelle Transazioni filosofiche della R. Società di Londra (*e*), negli Atti di Lipsia (*f*), nel Foucher (*g*), ed in molti altri libri di fisica, e recentemente nella grand'opera del Saussure (*h*), considerato a ragione da tutti come il maestro di questa materia, benchè nè esso pure abbia potuto appagare l'esatta scrupolosità del de Luc, del Chiminello, e di qualche altro. Le molte e differenti sperienze, che vollero fare nel vuoto gli accademici fiorentini, gli obbligò a fabbricarsi varj stromenti, entro i quali poter conservare il vuoto, e poter agire liberamente. Ma la vera macchina del vuoto, quella, che ha fatto vedere a' fisici tante recondite verità, è stata la famosa macchina pneumatica, che ha bastato a rendere immortali i nomi del Guericke, e del Boile. Fino dalla metà del passato secolo impegnato il Guericke in varie speculazioni sul vuoto, aveva già ritrovata la macchina pneumatica, ed altre sue macchine, e sperienze; poichè, com'egli stesso racconta (*i*), portatosi alla dieta di Ratisbona nel 1654 dovè eseguirle alla presenza dell'imperatore, e di molti principi bramosi di vedere per sè stessi le maraviglie già prima altronde sentite;

Macchina pneumatica.

(a) *Esp.* ec.; *Dich. d'un altro strum.* (b) Ivi *Additam.* pag. 17.
(c) *Mag. nat.* ec. tom. II, lib. VIII. (d) *Colleg. curios.* tentam. XIV, phoen. III, e al.
(e) N. 127, 129, 162, ec. (f) An. 1687, 1688, ec. ec.
(g) *Traité des hygrometres*. (h) *Essais sur l'hygrom.*
(i) *Exp. nova Magdeburg.* Praefat. ad Lect.

e nel 1657 le descrisse, e le chiamò *Magdeburgiche* il P. Gaspero Schott (*a*), benchè il Guericke non le abbia pubblicate che nel 1671. Al medesimo tempo il celebre Boile, condotto dalle molte ricerche e sperienze, che faceva intorno all'aria, s'ideò da sè una macchina pneumatica, che poi seppe essere stata già eseguíta dal Guericke, ma ch'egli accrebbe con tanti miglioramenti, che ha meritato di farla passare a' posteri col nome di *Macchina boileana*. Alcuni anni di poi inventò l'Hauksbeo, o, come crede lo 'sGravesande (*b*), il Papino, una macchina pneumatica composta di due cilindri, che fu perciò detta *doppia*; il Poliniere, l'Homberg, lo 'sGravesande, ed alcuni altri aggiunsero qualche maggiore perfezione alla macchina boileana; il Nollet la dispose in guisa, che alle prerogative della macchina semplice univa felicemente i comodi della doppia (*c*); ed anche posteriormente gl'ingegnosi artefici diretti da' fisici hanno saputo recare tanti pregj di comodità, sicurezza, esattezza, e facilità, quanti usi, e vantaggi essa presta a tutta la fisica. Con queste ed altre simili macchine sì fine, ed esatte si accrebbe il genio, e si perfezionò l'arte di fare le sperienze; e coll'uso di queste s'acquistò un colpo d'occhio più acuto e più sicuro, e maggiore attenzione e diligenza nell'osservare ogni cosa. Aggiungevasi a tutto questo lo spirito geometrico, il quale dava la sagacità di trovare le relazioni e i rapporti, e farne i giusti confronti, e la dovuta circospezione di pesar tutte le ragioni, e di procedere con riservatezza ne' giudizj, e nelle asserzioni; e con questi mezzi si coltivava utilmente la fisica, e dalle semplici congetture, e dagl'infondati raziocinj degli antichi, da' vani sogni, e dalle stravaganti chimere degli scolastici si passa-

(a) *De arte mech. hyraulico pneumat.* (b) Praef. tert. edit.
(c) *Acad. des Sc.* 1740.

va a rigorose scoperte, ed incontrastabili verità. Quindi i più severi geometri s'adattarono agevolmente ad una sì giusta ed esatta fisica, nè disdegnarono l'Ugenio, il Mariotte, l'Amontons, il la Hire, l'Allejo, e molt'altri di maneggiare con uguale studio gli stromenti meccanici, che i matematici calcoli, e poterono così ridurre alcune fisiche congetture a geometriche dimostrazioni. Le leggi del moto, le forze de' corpi, l'azione de' fluidi e de' solidi, ed altri importanti punti di fisica colle sperienze, e co' calcoli di que' grand'uomini ricevero-no tutto il lume della più sagace fisica, e della matematica più severa.

Uso de' sistemi.

Erano nondimeno molto in voga ancor a que' tempi i sistemi; ed anche i più rigorosi geometri, quando entravano a trattare punti di fisica, difficilmente li sapevano abbandonare. L'Ugenio stesso, che di tante sicure verità, ed incontrastabili scoperte arricchì la fisica e la matematica, al cercare la cagione della gravità abbracciò il sistema di Cartesio, e si lasciò sedurre da speciose sperienze, e da sottili ragionamenti senza poter toccare la verità. Il vero trionfo, e il sovrano onore della fisica comparve colle sublimi opere del Newton.

Newton.

Galileo meritò somma lode per l'utilissimo pensiero d'unire alla fisica la geometría, e questa felice unione gli produsse tante scoperte, che il suo nome sarà sempre onorato alla testa de' più illustri autori di scientifici ritrovati. L'Ugenio nobilitò ancora più la fisica, assoggettandole in suo ossequio una geometría assai più sublime di quella del Galileo. Ma il Newton fu quegli, che seppe presentare nel vero suo lume, e divinizzare in qualche modo la fisica, levandola sopra tutte le altre scienze, e facendole tutte servire al suo splendore, ed alla maggiore sua gloria: l'algebra più recondita, la più profonda geometría, le più astratte dimostrazioni, i cal-

coli più intricati, tutto s'arrese nelle mani del Newton al rischiarimento della fisica: la severità della geometría si comunicò parimente alle sperienze ed osservazioni: le più squisite sperienze non appagavano la sua esattezza, se non erano replicate più volte colla maggiore diligenza ed attenzione; nè lasciavasi condurre il suo giudizio a profferire alcuna asserzione, se non era obbligato dall'evidenza della verità. Non immaginazioni e sistemi, non mere opinioni ed ingegnose congetture, per quanto avessero apparenza di qualche ragione, ma sperienze, calcoli, e rigorose dimostrazioni formano il corpo della fisica newtoniana. Questa fu l'epoca d'una nuova e più gloriosa rivoluzione nella fisica; ed allor nacque per opera del Newton una nuova scienza, come nuova scienza era stata la fisica nelle mani del Galileo. Alle proprietà generali de' corpi dimostrate da' moderni filosofi n'aggiunse il Newton due altre, inerzia, ed attrazione; e senza ricercare le interne cagioni e gl'intimi principj, onde sì queste proprietà generali, come altre particolari derivino, ricavò da esse nuove verità, e le fece servire alla più intima cognizione delle operazioni della natura. Le forze de' corpi, i moti de' solidi e de' fluidi, e le più importanti materie della fisica generale furono da lui arricchite d'interessanti scoperte, e tutta la fisica ricevè nuovi lumi (*a*). Non volle il giudizioso Newton, su l'esempio del Galileo, essere autore di sistemi, nè farsi capo di setta; ma ebbe nondimeno la gloria di vedere tosto abbracciare la sua dottrina persone d'ogni professione e d'ogni classe, e tutti i buoni fisici suoi nazionali dichiararsi attaccatamente suoi seguaci, di trarre a sè poco dopo la sua morte i suffragj di tutta la dotta Europa, e di rende-

---

(a) *Philos. nat. princ. math.; et Optic.* ec.

re in breve tempo tutta la fisica newtoniana. Contemporaneamente il Leibnizio, più ardito del Newton, non potè stare a tanta ritenutezza, ma volle fare un sistema; e rinnovando in qualche modo, come crede il Dutens (*a*), i numeri pittagorici, finse le sue monadi colle loro forze attive, e rappresentative, e con differenti qualità; e sostenne, che un corpo, o un composto non fosse che un aggregato di monadi, e la generazione un'evoluzione, e la morte un'involuzione, per così dire, di esse; e disse tante altre cose, che nè v'ha alcuno, che possa intenderle, nè egli stesso le intese (*b*). Non era più quello il tempo di correre dietro i sistemi, nè compariva tale il sistema del Leibnizio da procacciarsi molti seguaci. Non n'ebbe infatti che pochi, e quasi tutti fra' suoi nazionali. Il Wolfio volle riprodurlo con qualche piccolo cambiamento, e non fu molto più felice (*c*). Anche il Boscovich più recentemente lavorò un suo sistema sul fondo del leibniziano, e l'applicò a tutti gli attributi de' corpi, e a tutti i fenomeni della natura, ed ebbe la sorte di applicarlo molte volte con buon successo, e sempre con molto ingegno (*d*); ma giacque anche questo, come tutti gli altri, dimenticato, e negletto. I sistemi sono stati in altri secoli troppo stimati, e in questo all'opposto sono forse troppo in discredito. I sistemi arbitrariamente fondati senza l'appoggio de' fatti, e sostenuti con ostinazione hanno spesse volte accecati i filosofi, e fattili traviare dal diritto sentiero per arrivare alla verità. Ma i sistemi istituiti con fondamento, e sostenuti con moderazione posson essere utili, e spesso anche sono l'unico mezzo di fare nuove scoperte, e di trovar nuove verità. Non si sarebbe portata sì avanti l'astronomía, se non avesse

Leibnizio.

Wolfio.

Boscovich.

(a) *Recherch.* ec. sec. par., cap. I. (b) *Leibn. Oper.* tom. II, p. 20, ec.

(c) *Phys.* (d) *Theor. phil. natur. redacta ad unam leg. vir.* ec.

prudentemente abbracciate pe' suoi calcoli ipotetiche teoríe, nè sarebbonsi scoperte tante verità nella dottrina dell'elettricità, ed in tutte le altre parti della fisica, se non fossero state dirette le ricerche dall'amore di qualche sistema. Lo spirito sistematico ha i suoi inconvenienti, ed i suoi vantaggi, che noi lasciamo ad altri discutere, ed osserviamo soltanto, che sebbene in questo secolo sono affatto caduti di prezzo i sistemi, non hanno saputo nondimeno molti grand'uomini astenersi dal farne nuovi e grandiosi; ma nessuno ha potuto giungere a formarsi una vera setta. Noi però tralasceremo da parte i sistemi del Burnet, del Wodwart, del Maillet, del Leibnitz, del Wisthon, e di tant'altri, perchè sebbene hanno mostrato la vastità, e l'acutezza del loro ingegno, ed hanno anche recato qualche vantaggio alla fisica, pur sono rimasti privi dell'onore d'avere molti seguaci, nè deono in mezzo a tant'altri punti più importanti interessare gran fatto la nostra curiosità, nè trattenere la nostra attenzione.

Difficoltà d' introdursi nelle scuole la fisica newtoniana.

L'esempio del Galileo, del Cartesio, dell'Ugenio, del Leibnizio, e del Newton impegnò i matematici a trattare la fisica, e in mezzo alle dimostrazioni geometriche ingolfarsi nelle fisiche disquisizioni. I Bernoulli, il Keill, il Maclaurin, il Poleni, il Varignon, il Wolfio, ed altri profondi geometri coltivarono con molto studio la fisica, e l'illustrarono con varj scritti. Aveva ancor nondimeno molti seguaci la fisica cartesiana, non sol nelle scuole, ma eziandío presso gli stessi matematici, ed altri fisici più accurati. Bernoulli, Molieres, Fontenelle, ed altri fisici, e matematici facevano i loro sforzi per mantenere i vortici cartesiani, che incominciavano a dissiparsi; e l'attrazione newtoniana trovava delle opposizioni, non solo dal volgo degli scolastici, ma eziandío da' filosofi più rispettabili. I pregiudizj dell'educazione, e l'attaccamento

a' principj scientifici, a cui abbiamo applicati i nostri studj, non ci lasciano facilmente ricevere nuove dottrine, e scancellare le antiche, e, come dice Orazio (*a*), confessare nella vecchiaja degno di disprezzo ciò che abbiamo imparato nella gioventù. La filosofia del Cartesio, tuttochè amena, e seducente, non pote nondimeno introdursi da principio nelle scuole: l'arido ed oscuro gergo dell'aristotelica, che vi s'insegnava, prevalse per molto tempo a' lusinghieri suoi vezzi; e i maestri educati nell'antica dottrina ne volevano dare orecchio alla nuova, nè permettevano a' giovani, che imparassero ciò ch'eglino non sapevano. La filosofia cartesiana introdotta già nelle scuole fece per la stessa ragione la medesima opposizione alla newtoniana; ma questa in oltre dava in sè stessa un' apparente ragione a' suoi avversarj per non volerla ricevere. Quando i cartesiani avevano quasi soggiogati i peripatetici, e sbandite le loro forme, e qualità occulte, la fisica newtoniana fondata su la forza d'inerzia, su l'attrazione, su' principj occulti della fermentazione, e della coerenza de' corpi, e su altre forze, ed altri principj doveva incontrare gravissima opposizione. I peripatetici trattavano queste forze come le loro qualità occulte, ed anzi che ricevere que' nuovi principj volevano starsi alle loro antiche qualità: i cartesiani rigettavano per la stessa ragione l'une e l'altre, nè volevano riconoscere nella fisica che forze, e cagioni meccaniche. Aveva già il Newton preveduta quest'opposizione, e le aveva data preventiva risposta, facendo vedere la differenza delle qualità peripatetiche dall'attrazione, e dagli altri suoi principj, ch'ei solo riguardava come leggi della natura, dalle quali traevasi la chiara e vera spiegazione de' suoi fenomeni (*b*);

(a *Ep. ad Aug.* (b) *Optic.* quaest. ult.

ma non tutti volevano leggere le sue ragioni, o sapevano intenderle, e seguitavano ciecamente ad escludere l'attrazione, e la fisica newtoniana. Il Keil, il primo, come dice il Desaguliers (*a*), che formasse un corso di fisica esperimentale, mentre gli altri non davano che un corso di sperienze, fu il primo, che insegnò in quel suo corso la fisica newtoniana. L'Hauksbeo, men profondo del Keil nella geometría, ma più destro nel maneggiare le macchine, e fare le sperienze, seguì parimente la medesima dottrina. Il Maclaurin, più sublime geometra che l'Hauksbeo ed il Keil, e vivamente impegnato per la gloria del Newton, come scrisse la più dotta illustrazione del suo calcolo delle flussioni, e della dottrina geometrica, così volle dare altresì un'erudita e profonda sposizione della sua filosofia (*b*), e la fece conoscere, e rispettare anche fuori dell'Inghilterra. Il Pemberton, e altri inglesi sposero al pubblico in varie guise i principj newtoniani. Ma il più chiaro illustratore, e propagatore di quella fisica fu veramente il dotto fisico Desaguliers. In Oxford, in Londra, e nell'Olanda diede pubbliche lezioni, ed insegnò a migliaja d'uditori la dottrina newtoniana: nuove ed ingegnose macchine, chiare e decisive sperienze, rigorose e convincenti dimostrazioni erano i mezzi, con cui la presentava alla comune intelligenza, e la faceva intendere, e gustare da' dotti, e dagl'indotti. La Francia si teneva ancor attaccata alla filosofia del suo Cartesio, nè voleva seguire la nuova dottrina d'un filosofo inglese: i vortici cartesiani dominavano nella Francia, come nella nativa loro reggia, e chiudevano l'adito all'attrazione newtoniana. Il primo a predicarla, e metterla in buona vista a' francesi fu il Maupertuis, il quale la

Primi introduttori di essa.
Keil.
Hauksbeo.
Maclaurin.
Desaguliers.
Maupertuis.

(a) *Cours de phys. exp.*, praef. (b) *Expos. de la phil. newton.*

fornì di tante ragioni, e le diede sì bello aspetto, che la fece tosto abbracciare dagli accademici, e da' migliori genj di quella nazione (*a*). Questo fu il trionfo della fisica newtoniana, vedersi accolta dall'accademia delle Scienze di Parigi, sedere dominante e sovrana in quella dotta assemblea fu il colmo della sua gloria; nè potè dirsi pienamente sicura dell'immortale suo splendore, se non quando si vide in quell'accademia confermata, e assodata colla predizione della cometa del Clairaut, e principalmente colla spiegazione della precessione degli equinozj dell'Alembert. Il Boscovich, lo Stay, l'Algarotti, il Frisio, i matematici, i poeti, e i begli spiriti promossero nell'Italia la fisica newtoniana. Abbracciolla anche la Germania, tuttochè prevenuta per le opinioni del Leibnizio: tutta la colta Europa le fece grata accoglienza, ed or tutte le nazioni, per parlare coll'Algarotti (*b*), contribuiscono allo stabilimento della dottrina inglese, come altre volte contribuivano alla ricchezza dell'impero romano. La fisica newtoniana era in realtà la vera fisica, e dietro ad essa sono venuti i gran fisici, che sono anche oggidì riconosciuti pe' veri maestri.

La maggiore sottigliezza, e finezza, che s'era introdotta nella geometría dopo il calcolo delle flussioni, entrò anche nella fisica dopo la propagazione della filosofia newtoniana. Il Desaguliers è il primo fisico di questa nuova epoca. Le più recondite verità della fisica, ritrovate dal Newton a forza di calcoli, e di geometriche operazioni, sono state da lui dimostrate con chiare e convenienti ragioni, e presentate agli occhi di tutti con varie ed adattate sperienze, ricevendo dalle sue mani l'impronta della sodezza ed incontrastabilità. Al-

Desaguliers

(a) *Acad. des Sc.* 1732; *Disc. sur les diff. fig des astres*.

(b) *Lettera al P. Saverio Bettinelli*.

la destrezza e maestría di fare le sperienze univa gran sagacità per isviluppare le materie più astratte, e nobilitava queste virtù collo spirito d'invenzione. Egli ha ritrovate da sè alcune nuove proposizioni, ha inventate nuove sperienze, e nuove macchine, n'ha migliorate altre, ha arricchite le arti di nuove invenzioni, ed ha data nuova perfezione alla fisica. Molte sue macchine sono ancora in uso nelle scuole, e nella società; e il suo corso di fisica è il primo corso, che venga citato con venerazione da' fisici, e da' matematici. Ma il corso di fisica del Desaguliers non era un corso completo, nè abbracciava tutta la fisica: le sue macchine, le sue sperienze, e le sue scoperte n'occupavano una gran parte; la meccanica era il principale, e quasi l'unico soggetto delle sue lezioni; l'altre materie venivano leggiermente trattate, e molte eziandío erano affatto omesse; insomma mancava ancora una fisica, che potesse dirsi completa. Questa fu l'opera del gran fisico e matematico 'sGravesande. Versato profondamente in ogni punto della fisica entra in tutti con possesso e maestría, ne dimostra matematicamente i principj, e li prova colle sperienze, abbraccia in alcuni punti le altrui dottrine, ma le corregge, le migliora, e le accresce colle interessanti sue scoperte, ed è in altri intieramente originale, ed inventore di nuove teoríe: la severità geometrica regola le sue ragioni e le sue sperienze; produce per maggior esattezza nuove macchine e nuove sperienze, e se n'adopera anche delle inventate da altri, le raffina, e perfeziona con qualche suo miglioramento; e i suoi *Elementi matematici della fisica* sono il primo corso, che possa dirsi pieno e compiuto, in cui siensi vedute in tutti i rami di quella scienza sostituite dimostrazioni e sperienze ad ipotesi e congetture, e forse anche il corso il più sodo ed istruttivo, che abbiamo ancora presentemente.

'sGravesande.

La teoría delle forze era una parte della nuova fisica, di cui niente erasi detto dagli antichi, e poco ancor da' moderni. Lo 'sGravesande la trattò con molta profondità, si prese a sviluppare la natura, la generazione, e la distruzione delle forze, le loro differenze dalle pressioni, le loro misure, le loro azioni, e quanto appartiene in generale alle forze, e fu il padre e maestro di questa parte interessante della fisica (a). Agitavasi allora ardentemente la questione delle *forze vive*, di cui abbiamo altrove parlato: il Leibnizio fu l'autore della nuova misura di dette forze; il Bernoulli, il Poleni, ed alcuni altri n'erano i valorosi sostenitori: lo 'sGravesande, prima contrario alla nuova dottrina, esaminando poscia più attentamente tutta la teoría delle forze, la giudicò sì ragionevole, e ben fondata, che confessò apertamente con filosofica ingenuità il creduto suo errore, e si studiò d'inventare nuove sperienze, e d'applicare più forti sostegni a quella combattuta opinione, d'acquistarle nuovi seguaci, e di compensarle con importanti servigj il torto, che per qualche tempo le aveva fatto. La teoría della percossa quindi didotta, nuove scoperte, e nuove verità, o nuove pruove, o maggiore forza, o chiarezza, o qualche nuovo vantaggio recato ad ogni punto della fisica sono i meriti, che fecero rispettare fin d'allora lo 'sGravesande come l'autore d'una nuova fisica, e fanno anch'oggidì studiare i suoi libri come i più classici e magistrali in questa vastissima scienza. Le lezioni del Desaguliers, e dello 'sGravesande fecero conoscere a' dotti la vera fisica, e n'ispirarono in tutti la stima, ed il gusto. Ma la fisica di que' due maestri era fondata nelle matematiche, ed appoggiata alle geometriche dimostrazioni non meno che alle

---

(a) *Elem.* ec. lib. II.

sperienze, abbisognava de' lumi delle scienze esatte, e perciò molti anzichè sentire le spine delle matematiche amavano di restare privi de' frutti della vera ed utile fisica. D'uopo era dunque d'un nuovo genio, che senza ingombro di calcoli, e di figure geometriche spiegasse la fisica con maggiore chiarezza e semplicità, e trattando, per così dire, fisicamente la fisica, rendesse più facile, e più alla portata della comune intelligenza lo studio della natura. Questi fu il fisico Muschembroek, il quale istruito colle lezioni dello 'sGravesande, del Boerahave, del Desaguliers, e del Newton, e fornito di sagace ingegno, e d'instancabile applicazione possedeva profondamente tutta la fisica, ed era in istato di comunicarla agevolmente agli altri. Così fece compiutamente nel suo *Saggio di fisica*, dove esponendo con chiarezza e semplicità i fondamenti, ed i primi principj di quella scienza, ed illustrandoli con esempj, e con fenomeni particolari, ebbe la gloriosa sorte di poter istruire gli studiosi, e dare eziandio a' dotti nuovi ed utili lumi. Questo saggio fu certo di un gran vantaggio a tutta la fisica, e non solo propagò il suo studio, ma a quasi tutte le materie comunicò nuovi rischiarimenti. Ma forse le giovò ancora più il Muschembroek con alcune particolari ricerche, dove seppe produrre più originali scoperte: e per ciò che risguarda la fisica generale la sola dissertazione su la coerenza de' corpi, su cui avevano scritto il Galileo, il Mariotte, il Leibnizio, il Varignon, e molt'altri, è talmente ripiena di nuovi lumi, che basta ad inalzarlo fra' più illustri fisici, e i più benemeriti di quella scienza. L'uso continuo, e la lunga pratica di macchine, e di sperienze gli presentarono mille viste per meglio eseguirle, e lo resero più avveduto ed accorto nel ricavarne le conseguenze; nè si fidava intieramente delle altrui sperienze, come nè pur

Muschembroek.

delle sue proprie, nè ardiva didurne conclusioni, o stabilire principj, se non aveva potuto a suo genio replicarle, e variarle in guise diverse. Questa cautela e riservatezza gli fece scoprire, e correggere non pochi falli d'altri filosofi nelle sperienze, e molti più nelle deduzioni, e gli diede diritto d'erigersi in legislatore, e maestro dell'arte di sperimentare: la sua orazione sul modo di fare le sperienze (*a*) è il codice delle leggi di quest'arte sì necessaria a' filosofi, ed un nuovo e prezioso dono fatto da lui alla fisica. L'invenzione di nuove macchine, e di nuove sperienze, come poi diremo parlando della fisica particolare, i suoi comenti su le sperienze dell'accademia del Cimento, dove ha sparsi nuovi lumi, e proposte varie scoperte, tutte insomma le gloriose ed utili sue fatiche servono a rendere immortale ne' fasti della fisica il nome del Muschembroek. La fisica newtoniana, la fisica sperimentale, la rigorosa ed esatta fisica restò stabilita e fissata colle sperienze, e colle lezioni del Keil, dell'Hauksbeo, del Desaguliers, dello 'sGravesande, e del Muschembroek; ma abbisognava ancora d'un nuovo genio, d'un ingegnoso ed ameno filosofo, che la ripulisse, ed ornasse, e l'abbellisse di quelle grazie, che potessero rendere amabile la sua severità, ed invaghire del suo studio e le più gravi, e le più delicate persone. Venne a questo fine il Nollet, scelto dalla natura per divolgare e rendere palesi a tutti gli uomini i suoi secreti, ed ispirare in tutti l'amore del suo studio. Tutto nella sua fisica è ordine, chiarezza, precisione, ed eleganza: dotta e giudiziosa la scelta delle questioni, limpida e schietta la sposizione, chiara la descrizione delle sperienze, che deono servire alla decisione, giusta la spiegazione degli effetti che

Nollet.

(a) *Orat. de meth. inst. exp. phys.*

ne risultano, tutto insomma diligente ed esatto, tutto culto e gentile, tutto splendido e luminoso. Che intima e profonda cognizione di tutti i fenomeni della natura! Che giusta ed elegante spiegazione! Alle dimostrazioni matematiche, che egli non fa che indicare, sostituisce pruove di sperienze, che hanno il vantaggio di sottomettere al giudizio de' sensi le verità intellettuali, e d'essere alla portata di maggior numero di lettori. Della soluzione delle proposte questioni fa dotta ed utile applicazione a' fenomeni della natura, ed alle operazioni dell'arte, e rende più amena e dilettevole, più curiosa ed istruttiva la sua dottrina. Nelle stesse macchine, e nelle stesse sperienze cerca le più aggradevoli forme, senza punto alterare le qualità loro essenziali; e questi ornamenti sono, per così dire, i fiori, con cui egli presenta gaja e festosa la severità della fisica, e la fa amare da tutti. Infatti dal Nollet si può prendere l'epoca dell'universale propagazione della fisica sperimentale, dopo le sue lezioni sono diventati comuni, non solo alle pubbliche scuole, ma ancora a molte case private i gabinetti di macchine, e i corsi di sperienze; perfino alle donne, e ad ogni ceto e condizione di persone si sono sparse le cognizioni di fisica, ed è stato per la fisica il Nollet ciò che il Buffon per la storia naturale, lo svelatore de' suoi secreti, e il propagatore del suo impero: e questo sol merito, lasciando quello delle molte sue scoperte, che più appartiene alla fisica particolare, l'inalza alla gloria d'essere annoverato fra' padri e maestri della vera fisica, e come uno de' più benemeriti de' suoi avanzamenti.

Matematici illustratori della fisica.

A questi diligenti fisici, che indagavano, e confermavano colle sperienze le fisiche verità, si deono aggiungere i matematici, che le seguivano altronde con algebraiche e geometriche dimostrazioni; anzi comunemente i calcoli, e le figure

hanno scoperte verità, che hanno prima accennate, e poi hanno confermate, e rischiarate le sperienze, e le osservazioni. Le scoperte della meccanica, dell'idrostatica, e di gran parte dell'astronomía, da noi altrove toccate, non sono che cognizioni di leggi, e di fenomeni della natura, che appartengono alla fisica generale; e i gran nomi de' Bernoulli, del Maupertuis, del Clairaut, dell'Eulero, dell'Alembert, e di tant'altri famosi geometri allor lodati, potrebbono qui aver luogo a coronare gloriosamente la lista degli or nominati fisici. Colle ingegnose e dotte fatiche di questi, e d'altri fisici e matematici la fisica generale, soggetto prima soltanto di vani cavilli, e di litigiose opinioni, è diventata feconda d'utili verità, e di sicure teoríe interessanti l'arti e le scienze. Lasciando a' metafisici, ed agli oziosi speculativi il ricercare i principj, che costituiscono l'estensione, e il decidere dell'infinita divisibilità de' primi elementi della materia, quanti curiosi fenomeni della natura, e quanti prodigiosi fatti dell'arte, risguardanti la porosità, divisibilità, ed estensione de' corpi, non hanno scoperti o rischiarati i moderni fisici? Con mille esempj, e con infinite osservazioni s'è ritrovata l'attrazione proprietà generale di tutti i corpi, quale la credè il Newton, e generale parimente s'è riconosciuta, e dimostrata nelle gran distanze la legge da lui fissata di seguire la ragione inversa de' quadrati delle distanze; e cercasi di deciderla tale ugualmente nelle vicinanze, e nelle contiguità, e spiegare con essa molti fenomeni de' corpi terrestri, come giustamente si spiegano tutti que' de' celesti, benchè la complicatezza delle circostanze renda molto difficile la decisione. Derivare da' fenomeni della natura, dice il Newton *(a)*, due, o tre

(a) *Opt.* quaest. ult.

generali principj del moto, e poi spiegare come da questi principj provengano le proprietà, e le azioni di tutte le cose corporee, questo sarebbe un gran avanzamento nella filosofia, ancorchè le cagioni di tali principj restassero sconosciute: e questo è quel, che hanno fatto, e che tuttor seguitano a fare i moderni fisici, e ci hanno infatti mostrate molte verità, ch'erano state affatto nascoste a' nostri maggiori per essersi all'opposto impegnati in iscoprir le cagioni de' principj, senza cercare i fenomeni, onde stabilire tali principj, nè le spiegazioni, che da questi si potrebbono ricavare. Mentre gli or nominati fisici cercavano colle sperienze di avverare alcuni fenomeni, e da questi derivare alcuni principj, il Mairan, non men diligente fisico, che profondo geometra, voleva per altra via penetrare nelle operazioni della natura. Presentavasi un fenomeno alla sua contemplazione, ed egli ne scrutinava le relazioni e i rispetti, ne sviluppava le connessioni, ne seguiva le differenti diramazioni, e tutto lo comprendeva nella maggiore sua ampiezza, e in tutta la sua vastità. Esamina la formazione del diaccio *(a)*? ricerca la cagione generale del freddo nell'inverno, e del caldo nella state *(b)*? S'innalza fino al Sole calcolando la vibrazione, la dispersione, e la forza de' suoi raggi ne' diversi tempi dell'anno, e ne' luoghi diversi dell'orbita della terra; si profonda nel centro di questa, producendovi un fuoco, che spande alla superficie il suo ardore, e combinando l'attività di questo caldo con quello, che deriva da' raggi del Sole, spiega con esattezza, e chiarezza quanti fenomeni di caldo, e di freddo s'osservano in tutte le stagioni, e in tutti i punti del globo terracqueo, e forma una teoría, ch'è stata feconda d'altre bellissime nelle mani del Buffon *(c)*,

Mairan.

(a) *Dissert. sur la glace*. (b) *Acad. des Sc.* an. 1718, 1721.

(c) *Suppl.* ec. tom. IV in-12.

e del Bailly (*a*). La natura de' sali e de' liquidi, l'evaporazione, e l'ebollizione, e mille altre teoríe fisiche sono messe a contribuzione di quelle sue diligenti ed affatto filosofiche ricerche. L'aurora boreale non era per gli altri fisici che una semplice meteora: per lui diventa un fenomeno cosmico, che appartiene alla costituzione generale dell'universo, e che deriva *dal lume zodiacale* scoperto dal Cassini, il quale si compone dalle particole luminose slanciate dal Sole colla sua rotazione, e attratto dalle comete forma la loro coda, o la loro capigliatura, attratto dalla terra l'aurora boreale; ed interessa così la teoría del Sole, delle comete, e della terra, collega tanta parte de' corpi celesti, e dà molto lume a tutta la fisica astronomía (*b*). La riflessione de' corpi sembrava non essere suscettibile d'alcuna nuova discussione; ma nelle sue mani divenne una teoría generale, e luminosa, che rischiara i corpi riflettibili, i piani che li riflettono, e gli angoli convenienti d'incidenza, e di riflessione, con cui si devono riflettere, e fa divenire la rifrazione un caso particolare della riflessione, si accorda colla natura del lume, e collo stato de' fluidi, colla diottrica, e colla catottrica, e si comunica a tutte le scienze (*c*). Anche la fisica, per così dire, pratica ha ricevuti da lui parecchi miglioramenti. Egli inventò un barometro per le sperienze del vuoto, più semplice, e più maneggevole che il comune, ed è stato adottato da' fisici. La tesa, che ha servíto per le esattissime misure richieste nelle operazioni geodetiche, e in altre interessanti fatture, è stata regolata, e raffinata da lui. Da lui fu determinato coll' ultima accuratezza, e scrupolosità la giusta e precisa lunghezza del pendolo in Parigi, per servire di corrispondenza a quel-

(a) *Lettr. sur l'orig. des Sciences*. (b) *Traité phys. et hist. de l'Aur. bor.*

(c) *Acad. des Sc.* an. 1722.

le delle altre parti del globo; e solo il vedere le infinite mire, e la somma sagacità, che impiegò in questa determinazione, basta per istimarlo, quale egli è, uno de' più attenti e pazienti osservatori, e de' più sottili e felici inventori, che possa vantare la fisica.

Stato presente della fisica.

Dopo il Mairan, e i sopra lodati fisici sperimentatori non ha fatti la fisica sì romorosi progressi; ma non è rimasta priva di gran numero di coltivatori, e vanta molte scoperte. Le scienze tutte sembra, che or vogliano unirsi alla fisica, e contribuire al suo ingrandimento, e tutte le mandano nobilissimi professori, che concorrono ad illustrarla. L'inglese Guglielmo Jones vuole, che sieno quattro forme di filosofia; mitologica, medica, sperimentale, e sacra, e che tutte deggiano essere conosciute da chi voglia comprendere nella dovuta sua estensione la fisica; e fa vedere con molti esempj, che la teología ha con questa un'alleanza più stretta che non si crede (a). A dire il vero nè la fisica sacra del Valles, nè quella dello Scheuchzero più erudita, e più piena, nè altri simili trattati d'altri fisici o teologici scrittori non hanno apportati alla fisica tali rischiaramenti da dovere invogliare i filosofi d'un simile studio; e noi crediamo, che tali investigazioni prese cautamente più possano giovare alla letterale illustrazione de' libri sacri che a' veri avanzamenti della fisica. Dall'altre scienze naturali riceve questa maggiori vantaggi. I naturalisti Wallerio e Buffon hanno prodotti sistemi fisici più ingegnosi che veri, ma che sono stati nondimeno fecondi di scoperte, o almeno di sperienze, e d'osservazioni, che senza d'essi non sarebbero mai venuti in pensiero a' filosofi (b). Anche presentemente il Marivetz lavora con molto

(a) *Saggio sopra i principj della Filosofia naturale*.

(b) Waller *Dell'origine del Mondo e della terra in part.*; Buffon *Epoc. de la nat.*

impegno per promovere, e sostenere, benchè finora abbia ritrovati pochi seguaci, un suo nuovo sistema conciliatore di molte opinioni, che sembravano fra loro discordi, e distruttore d'alcune altre tenute comunemente in gran pregio, ed internasi a questo fine in profonde meditazioni, ed in curiose ricerche de' fenomeni, e delle forze della natura. La fisica sperimentale per opera dell'Atwood, del Maghellan, e di molt'altri ingegnosi fisici, e dotti artefici ha ridotte a tale perfezione le macchine, e le sperienze, che fanno quasi dimenticare la maggior parte di quelle inventate ed usate da' celebrati maestri. La chimica s'è legata sì strettamente colla fisica, che la segue in tutte le sue ricerche, e si presta fedelmente a tutte le sue speculazioni: i più celebri fisici presentemente sono chimici, e con chimiche operazioni si risolvono le principali questioni della fisica. La matematica si va sempre più attaccando alla fisica, ed or l'algebra e la geometría, e tutta la matematica pura ha per oggetto la fisica matematica, e tutti i suoi sforzi consacra al maggiore avanzamento della medesima. Mentre il la Grange, e il la Place, e tutti i più valenti matematici cercano d'illustrare matematicamente la fisica, il Monge, ed il Charles forniti di tutti gli ajuti della più sublime matematica sono intesi a trattarla fisicamente, e presentarle tutti i sussidj de' calcoli, e delle sperienze, de' matematici e de' fisici ragionamenti. Non solo i pesi de' liquori diversi, non solo le differenti spezie d'arie, ma tutte le parti della fisica ricevono dal Brisson, e da Sigaud de la Fond alcuni nuovi rischiarimenti. Il Priestley, il Kirvan, il Crawford, ed altri inglesi; il Marat, il Lavoisier, il Bertolon, ed altri francesi, l'Achard, l'Ingenhousz, il Volta, il Fontana, il Senebier, il van Swinden, e molt'altri d'altre nazioni arricchiscono ogni giorno la fisica

di nuove scoperte; e creandole, per così dire, nuovi rami, e nuovi generi di cognizioni la levano a maggiore ampiezza ed estensione, e la fanno cambiare d'aspetto. Ma tutti questi appartengono più che alla fisica generale alla fisica particolare, ed alla chimica; e noi pertanto riserviamo il parlarne al trattare, che ora faremo di queste scienze.

CAPITOLO II.

DELLA FISICA PARTICOLARE.

Fisica degli antichi.

L'antica fisica, essendo ancor nell'infanzia, avrebbe dovuto ristringersi all'osservazione de' fenomeni, e lasciare la decisione a' posteri più illuminati. In tutte le scienze, ma più particolarmente nella fisica, fa d'uopo di molte osservazioni per poter fissare una verità, e scacciare la folla degli errori, che la precedono comunemente. Ma gli antichi filosofi non seppero tenersi in sì giusta riservatezza: furono poco pazienti per osservare, ed ebbero troppa fretta, e presunzione di decidere; onde privi delle necessarie osservazioni non fecero che innalzare sopra semplici probabilità, o sopra frivole apparenze congetture e sistemi, vane risorse di chi in vece di studiare la natura cerca d'indovinarla. Seneca fra' latini (*a*), e fra' greci Plutarco, o chi che siasi l'autore de' libri intorno alle opinioni de' filosofi (*b*), che sono fra le sue opere, ci danno i più ampj corsi della fisica degli antichi, e più distintamente ci mostrano quali fossero le materie, che trattavano nelle dibattute loro questioni, e quali le diverse opinioni, che su quelle materie portavano. Tullio (*c*), Sesto Empirico (*d*), Laerzio (*e*), ed altri greci, e romani ci hanno trasmessi in

(a) *Quaest. natur.* (b) *De placit. phil.* (c) Tusc. *De fin. De nat. Deor.*, al.
(d) Pyrrhon. *Hypot.* (e) *De vitis philos.*

varie materie parecchi pensieri di que' filosofi, e ci fanno prendere qualche idea dell'infinita diversità e stranezza de' loro sentimenti. Non v'ha forse verità alcuna, ch'essi non abbiano intravveduta, nè sì strana assurdità, che non abbiano proposta; e i grossolani errori, da cui le stesse verità vanno comunemente accompagnate, provano assai, che questi non sono frutti dell'osservazione, ma mere produzioni del caso, o felici scontri dell'immaginazione di que' filosofi. Di quanto ci è rimasto delle lor opere, non v'è parte alcuna, che possa appartenere alla fisica particolare, fuorchè la loro meteorología. Noi sappiamo bensì da Laerzio (*a*), che Democrito scrisse su la calamita, sul fuoco, e su altri punti di fisica particolare; e qualch'altro fisico di que' tempi, e più ancora qualcuno de' posteriori, sarà disceso a simili argomenti. Ma tutti i loro scritti sono periti, e solo sono fino a noi pervenute le opere d'Aristotele, e due lettere d'Epicuro. Aristotele parla lungamente delle meteore, e talor anche qua e là fa motto d'alcune proprietà dell'aria e d'altri elementi, e colpisce talvolta nella verità d'alcune cagioni, e molt'altre volte si perde in errori i più madornali: il ricevere per principio, che il caldo ed il freddo sono attivi, l'umido ed il secco passivi, e voler quindi, com'egli fa, spiegare tanti fenomeni, mostra abbastanza quanto poco fondate fossero le ragioni della sua fisica (*b*). Epicuro è l'altro filosofo greco, di cui rimangano opere fisiche (*c*); e queste fanno vedere con quanta indifferenza e freddezza vengano da lui riguardate le questioni della fisica particolare. Scrive ad Erodoto una lettera, che abbraccia tutte le sue opinioni su le cose naturali, e che è un compendio di tutta la fisica (*d*), e in essa altro non pro-

Democrito.

Aristotele.

Epicuro.

(a) In *Democr.* (b) *Meteor.* lib. IV, cap. I.

(c) *Epist. ad Herod. et ad Pyt. apud Laert. in Epic.* (d) In princ.

pone che una dottrina generale su la natura; questa gli raccomanda di ben comprendere, e di tener presente nell'animo, e poco, o niente gli cale che faccia studio alcuno su le cose particolari *(a)*. Scrive a Pitocle distintamente su le meteore; e qui è dove mostra maggiore noncuranza della fisica esattezza; abbraccia alla rinfusa tutte le opinioni; mette in un fascio gli errori, e le verità; cerca soltanto d'ammassare su ciascuna meteora molte cagioni naturali, e poco ne cura il vero, od il falso, purchè ottenga la moralità di levare dall' animo il timore, e la turbazione. Più dottamente di tutti gli antichi tratta Seneca delle meteore; propone le opinioni degli altri filosofi, e aggiunge le sue proprie; ne combatte alcune false, e n'avvalora altre vere con nuove ragioni da lui inventate; apporta alcune osservazioni sue, ed altrui, e dà un leggier saggio di sodo discernimento delle fisiche verità. Ma qual compassione non eccita quel filosofo, od anzi l'antica filosofia al vederla appoggiare alcune vere opinioni a ragioni falsissime, e seguire non pochi irragionevoli pensieri col medesimo ardore, con cui n'abbracciava altri giustissimi convenienti alla più esatta, e severa fisica! Non si vacilla tra il vero e il falso, quando si ha ben afferrata la verità, nè si lasciano sussistere false opinioni, quando sono ben conosciute le vere. Gli antichi profferirono, ed anche conobbero alcune verità della fisica particolare; ma come non le fondavano su giuste osservazioni, nè le determinavano con precisione, rimanevano mere opinioni, che venivano con facilità distrutte da altri, non potevano riguardarsi come vere scoperte, che dovessero riportare l'assenso di tutti i fisici. Avevano eziandío gli antichi alcune cognizioni di fisica particolare; ma le avevano più

Seneca.

(a) In fine.

per la pratica che per la teorica, e se ne servivano nell'uso della medicina, dell'agricoltura, e delle arti, ma non l'applicavano alle speculazioni delle scienze, nè formavano di esse filosofiche teoríe. E generalmente può dirsi, che la fisica particolare è stata poco, ed anche mal conosciuta da' fisici antichi. Ne' bassi tempi, occupati gl'ingegni in dialettiche e metafisiche vanità, non v'era alcun filosofo, che pensasse a ricercare i fenomeni della fisica particolare, nè pur chi credesse, che tali soggetti potessero meritare l'attenzione de' filosofi. Verso la metà del passato secolo l'inglese Guglielmo Gilberto nella sua opera intorno alla calamita esaminò con diligenti sperienze, ed osservazioni molti fenomeni del magnetismo, e dell'elettricismo, ne cercò le cagioni, ne propose teoríe, e potè dirsi il primo autore di fisica particolare. Il Cardano, ed il Porta entrarono in molti punti particolari dello studio della natura; ma privi di quella giusta diffidenza, e di quella critica avvedutezza, che è propria d'un filosofo, non si meritarono il nome di fisici, nè ebbero alcuna influenza nell'avanzamento della fisica particolare. L'ebbe bensì il Galileo, tuttochè occupato in ricerche più generali poco potesse attendere a particolari disquisizioni; e il Verulamio, che mille utili osservazioni e sperienze ha lasciate, benchè non riducesse materia alcuna a un conveniente trattato. Videsi dietro a questi una nobile schiera di fisici cercare la loro gloria nell'investigazione d'alcuni particolari fenomeni della natura; e il Torricelli, gli Accademici del *Cimento*, il Boile, il Guericke, e molt'altri crederono d'impiegare degnamente le filosofiche loro fatiche coll'avverare il peso, e l'elasticità dell'aria, l'impossibilità di comprimere l'acqua, l'elettricismo di varj corpi, ed alrri simili punti, e propagossi allora l'onore, e lo studio della fisica particolare, ch'è poi venuto accre-

Fisici moderni.

scendosi sempre più, ed ha seguíto costantemente a fare in tutti i suoi rami viemaggiori progressi. Per dare di questo una breve notizia, ma con qualche chiarezza, e distinzione, ci discosteremo un poco dal metodo finor tenuto negli altri capi, e prendendo divisamente alcuni rami particolari seguiremo a parte a parte gli avanzamenti, che in ciascuno d'essi ha fatto la fisica.

Dell'aria.

L'aria è uno degli elementi, che più abbiano parte in tutte le operazioni della natura, e su cui pertanto più hanno studiato i fisici. Lasciando stare le diverse opinioni, che su la sua natura hanno portato i filosofi, volendo alcuni, che l'aria sia il principio universale di tutti i corpi, levandole altri ogni proprio essere, credendola soltanto composta di particelle di terra e d'acqua, facendola altri formata da parti ramose, ed uncinate, altri di liscie e rotonde, ed altri in altre guise immaginandola, ma senza che niuno adduca, nè possa addurre più che arbitrarie congetture, diremo soltanto, che gli antichi, benchè non tutti, ebbero già cognizione di due proprietà dell'aria, che sono state poi per molti secoli dimenticate; gravità, ed elasticità. Aristotele conobbe il peso dell'aria, e ne chiamò in pruova un otre, ch'essendo gonfio, o pieno d'aria, pesa assai più che vuoto *(a)*, ed asserì, che l'aria a sè stessa abbandonata, non sostenuta dall'acqua, nè premuta dal fuoco, cadrebbe al luogo dell'acqua, non ascenderebbe in quello del fuoco *(b)*. Seneca parla assai lungamente della tensione, e dell'elasticità della stessa aria, per farci vedere, che non era sconosciuta agli antichi questa sua proprietà *(c)*. La fontana detta d'*Erone*, la statua di Mennone, l'eolipila, e tant'altre invenzioni, e macchine degli an-

Gravità, ed elasticità dell'aria riconosciuta dagli antichi.

(a) *De Caelo* lib. IV, cap. IV. (b) Ivi cap. V.

(c) *Natur. quaest.* lib. II, cap. VI, ec.

tichi, fondate su l'elasticità, e sul peso dell'aria, rendono chiara testimonianza delle loro cognizioni in questo particolare. Come dunque vennero poscia oscurate queste notizie, e rimasero le dette proprietà per tanto tempo sconosciute, e smarrite dalle scuole peripatetiche? Come al prodursi di nuovo dal Galileo, dal Torricelli, e da altri moderni, riuscirono sì nuove agli aristotelici, e misero nell'animo a tutti tal maraviglia, che parvero errori non sostenibili, ed insofferibili novità, e mossero la filosofica bile degli scolastici, accerrimi difensori della dottrina dell'adorato Aristotele? A me pare, che veramente nella pratica delle arti le cognizioni di quelle proprietà dell'aria non sieno mai andate in disuso: le trombe, i diabeti, gli schioppi a vento, le macchine, che si descrivono d'Alberto Magno, del Regiomontano, e d'altri filosofi, e meccanici de' tempi bassi ne posson essere un'evidente riprova. Che se non le conobbero gli scolastici unicamente attaccati alla fisica d'Aristotele, possono ritrovare qualche scusa nell'incertezza, ed oscurità della dottrina del loro maestro. Aristotele, è vero, dice, che l'aria è pesante, e grave; ma involve questo suo detto in tal gergo di dottrina su la gravità, e leggierezza assoluta, e relativa, su' corpi gravi, e corpi leggieri, su' più gravi e più leggieri, e su tanti altri inutili punti, che non è da far maraviglia se sfuggì alla penetrazione de' suoi non molti attenti, nè molto intelligenti lettori. Egli vuole, che la sola terra sia grave, e solo il fuoco leggiero, e che l'acqua e l'aria godano di leggierezza, e di gravità, e sieno più gravi e più leggieri; e siccome l'acqua è più grave che l'aria e il fuoco, e più leggiera sol che la terra, e l'aria all'opposto più leggiera che l'acqua e la terra, e sol più pesante che il fuoco; così l'acqua partecipa più della gravità che della leggierezza, e l'aria al contrario di

Perchè negata dagli Scolastici.

questa più che di quella: ed egli infatti spesse volte chiama gravi la terra e l'acqua, e leggieri l'aria ed il fuoco. Questa dottrina d'Aristotele, poco utile e poco vera, viene esposta oscuramente da lui in tutto un libro (*a*); ma la leggierezza dell'aria e del fuoco è chiaramente ripetuta spesse volte qua e là; onde gli scolastici suoi seguaci abbracciarono quest'idea più facile e piana, e lasciarono l'altra dottrina più intricata ed oscura; si ricordarono, che Aristotele contava l'aria fra' corpi leggieri in compagnía del fuoco; non ricercarono se le dava o no qualche peso; la considerarono come leggiera, e le negarono assolutamente la gravità. Così pure non parlando Aristotele dell'elasticità dell'aria, nè essendo gli scolastici per la mancanza che allora v'era di libri, e per la loro voglia di sottilizzare co' proprj pensieri, troppo amanti della lettura d'altri filosofi che d'Aristotele, e de' suoi comentatori, non poterono formare nelle scuole una teoría, nè pur ritenere una chiara notizia di tale proprietà, quantunque lungamente, ma non sempre esattamente, spiegata da Seneca. D'uopo è dunque venire a' tempi più bassi per conoscere giustamente l'aria in queste, e in altre proprietà. Senza svolgere i libri d'Aristotele, o d'altri filosofi, coll'esaminare soltanto i fatti della natura, poteva chiunque conoscere, che l'aria non è affatto priva di peso: nè può negarsi, che i moderni filosofi, che si distinguevano dagli scolastici, e sapevano pensare da sè, non l'abbiano conosciuto. Galileo, Mersenno, Cartesio, e molt'altri asserirono espressamente il peso dell'aria, ed anzi incominciarono a determinarlo, paragonandolo, benchè poco esattamente, con quello dell'acqua. Il Galileo credeva di poterlo supporre come 1 a 400; gli accademici fiorentini

Conosciuta più giustamente da' moderni.

Gravità dell'aria paragonata con quella dell'acqua.

(a) *De Caelo* lib. IV.

lo trovarono in una loro sperienza come 1 a 1179, benchè in altre vi osservarono qualche picciola varietà (*a*). Il Muschembroek (*b*) ci dà una lista delle gradazioni diverse, che hanno trovate i filosofi nel paragone del peso dell'aria con quello dell'acqua; e non solo si osserva gran differenza fra le determinazioni d'autori diversi, come del Galileo $\frac{1}{400}$, del Mersenno $\frac{1}{1300}$, del Riccioli $\frac{1}{10000}$, ma eziandío fra quelle d'uno medesimo fatte in tempi, ed in circostanze diverse, vedendosi variare nel Boile da $\frac{1}{1228}$ ad $\frac{1}{814}$, e nell'Homberg da $\frac{1}{630}$ ad $\frac{1}{1087}$. Le variazioni di densità, e le impurità varie dell'aria e dell'acqua, che si prendono a pesare, rendono impossibile una costante misura, e difficile una giusta determinazione. Il Nollet dalle gradazioni diverse stabilite dagli altri ne prende una media, come 1 a 900; ed altri comunemente le vogliono supporre come 1 ad 800, od 850. Conoscevasi dunque da' filosofi il peso dell'aria; e il Galileo pensò anche a valersi di questo per ispiegare un fenomeno della natura, e vuolsi, che derivando dal medesimo l'ascesa dell'acqua nelle trombe, abbia sospettato, ch'essa non può superare, come gli fece osservare un giardiniere fiorentino, i 32 piedi, perchè a tant'altezza d'acqua soltanto s'equilibra il peso d'una uguale colonna d'aria atmosferica. Questa, che fu meramente una semplice congettura, se pur giunse ad essere tale nella mente del Galileo, divenne una vera dimostrazione nelle mani del Torricelli. Questi coll'invenzione del barometro cambiò l'acqua in un fluido più pesante, qual è il mercurio, supponendo, che dovrebbe questo rimanere più basso; e trovò infatti, che il mercurio non ascese che a pollici 28, i quali appunto fanno equilibrio con 32 piedi d'acqua, e quin-

Sua pressione.

Barometro.

(a) *Saggio d'esp.* ec., part. II *Esp. var.* (b) Ivi *Addit.*

di anche colla corrispondente colonna d'aria atmosferica. Questa sperienza del Torricelli produsse una gran rivoluzione nella fisica, e nel modo di studiare i fenomeni della natura. Il Roberval prima d'acconsentire alla dimostrazione del Torricelli volle provare se l'aria realmente preme su' corpi inferiori. Gli accademici fiorentini replicarono con singolare diligenza la sperienza del Roberval, e conchiusero con lui non potersi realmente negare la pressione dell'aria su' corpi inferiori. E perchè alcuni accademici erano d'opinione, che tale pressione potesse venir contrastata con due sperimenti in apparenza contrarj, li rifecero attentamente, n'esaminarono le circostanze, e sempre più confermarono anche con que' medesimi sperimenti non potersi mettere in dubbio la verità di tale pressione *(a)*. Per altra via il Pascal, valendosi del barometro di Torricelli, volle provare la medesima verità, e lo fece trasportare da luoghi bassi in altri più eminenti, argomentando, che se l'ascesa del mercurio nel barometro deriva dal peso della colonna d'aria, che lo preme all'insù, essendo in una maggiore altezza, minore, e meno pesante la colonna atmosferica, che sovrasta, dovrebbe essere parimente minore l'elevazione del mercurio; e salito infatti per ordine suo il Perrier nella montagna di Puy de Domme nell'Avernia, trovò, che il mercurio nelle maggiori altezze veniva calando, e che mentre al piè del monte si manteneva a 26 pollici 3 $\frac{1}{2}$ linee, nella cima ascendeva a 23 pollici 2 linee: e questa stessa sperienza ripetuta in un'altra torre d'una chiesa di Clermont, e in altre di Parigi ebbe sempre il medesimo effetto *(b)*. La gloria qualunque siasi di questo pensiero si dà comunemente da tutti al Pascal; ed egli stesso franca-

(a) *Saggio* ec. *Esper. de Roberval* ec.

(b) V. Pascal *Traité de l'équil. des liqueurs*.

mente se la prende nel suo libro dell'equilibrio de' liquori; onde sembrerebbe ardire imprudente il volergliela contrastare. Pure il Cartesio in due lettere al Carcavi, scritte nel 21 giugno, e nel 17 agosto del 1649 (*a*), espressamente asserisce, ch'egli due anni prima suggerì al Pascal di fare questa sperienza, assicurandolo, che n'avrebbe sortito il bramato esito, ancorchè egli non l'avesse eseguita; e perciò infatti domanda al Carcavi se realmente siasi messa in opera tale sperienza, e quale successo abbia avuto. E a dire il vero la poco buona fede, che mostrò il Pascal in tutto l'affare della cicloide, e in alcuni suoi scritti, rende assai verisimile l'asserzione del Cartesio, benchè non sia molto autorevole in materia di propria lode, nella quale non poteva pregiarsi di troppa riservatezza. Comunque siasi questa sperienza, o chiunque siane il primo autore, essa certo provò ad evidenza, che l'aria ha il suo peso, e che per mettersi in equilibrio cogli altri fluidi, li preme, e gl'innalza ad un'altezza corrispondente al diverso lor peso. A maggiore confermazione di questa verità volle il Boile farla passare per la pruova della sua macchina, e stabilirla coll'irrefragabile suo attestato, e far vedere se realmente la maggiore, o minore elevatezza del mercurio nel barometro dipende o no dal peso dell'aria, che lo preme. Applicò perciò il barometro alla macchina; ed estraendone al solito l'aria, cominciò il mercurio a discendere tanto più, quanto maggiori n'erano le estrazioni; e rimettendo poi nuovamente l'aria, tornò di nuovo ad alzarsi il mercurio. Questa pruova replicate volte, ed in varie guise ripetuta, alla presenza anche del Wren, e del Wallis, non lasciò più luogo a dubitare, che il peso, e la pressione dell'

(a) *Ep.* part. III, ep. LXVII, LXIX.

aria sovrastante al mercurio non sia la vera ed unica cagione della sua ascesa nel barometro. Mentre l'invenzione del barometro, e le sperienze con esso fatte riempivano di maraviglia, e tenevano in agitazione l'Italia, e la Francia, il Guericke nella Germania viveva affatto alieno di queste novità, e nel suo ritiro di Magdeburgo, senz'avere alcun sentore delle sperienze del Torricelli e del Pascal, provava per altre vie la pressione, e il peso dell'aria. Egli stesso racconta *(a)*, che, trovandosi nel 1654 alla dieta di Ratisbona, il P. Valeriano Magno cappuccino gli mostrò come un suo ritrovato un barometro, e il vuoto, che facevasi nel medesimo, che poi sì da un libro dello stesso P. Valeriano *(b)*, come da varj altri autori seppe essere stato prima inventato dal Torricelli. Ma egli intanto, condotto dal fecondo ed originale suo genio, inventava da sè molt'altre macchine e sperienze per provare quella stessa verità. Formò una macchina di due globi di vetro, con un cannello, donde estratta l'aria, ed immerso il cannello nell'acqua, questa in forza della pressione dell'aria atmosferica ascendeva pel cannello all'uno, od all'altro globo, secondo le mire diverse dello sperimentatore; ed esaminando fino a quale altezza ascendesse l'acqua, trovò, che non poteva mai superare le 19 o 20 braccia magdeburghesi, ciò che è realmente la teoría delle trombe, e del barometro, ma accompagnata da circostanze, che rendono sempre più chiara ed evidente la pressione dell'aria atmosferica *(c)*. Un'altra sperienza affatto diversa presentava molto più sensibile la forza della medesima pressione, quella cioè de' famosi emisferj magdeburghesi. Questi emisferj, vuoti internamente d'ogni aria, erano premuti dal peso dell'aria at-

Emisferj magdeburghesi.

(a) *Exper. nova* ec. lib. III, cap. XXXIV. (b) *Demonstratio ocularis* ec.
(c) Ivi cap. XVII, XVIII, ec.

mosferica con tanta forza; che non sedici, nè ventiquattro cavalli, nè centinaja di libbre di peso bastarono a separarli, nè vi avrebbe bastato molto maggiore numero di cavalli, nè di libbre di peso, se maggiore fosse stata la superficie de' globi, e maggiore perciò la colonna d'aria, che li premesse (*a*). Dov'è da osservare, che la sperienza alquanto simile a questa, cioè di due piani levigati, ben combaciati, e difficilissimi a separare, s'era già usata prima, e che il Cartesio ne spiegava gli effetti colla gravità della colonna dell'aria sovrastante, o premente (*b*), come faceva il Guericke pe' suoi emisferj. Così il peso e la gravità dell'aria non bene intesa, nè abbastanza conosciuta da Aristotele, nè dagli altri antichi, e negata ostinatamente dagli aristotelici posteriori, fu per diverse guise messa nel vero suo lume, e sodamente fissata da' moderni filosofi dell'Italia, della Francia, dell'Inghilterra, e della Germania.

Elasticità dell'aria.

Nè studiarono meno i medesimi per conoscere intimamente, e rendere chiara e sensibile l'elasticità della stess'aria. Questa conosciuta confusamente da' greci e da' romani, nè scancellata affatto dalla mente degli uomini ne' tempi posteriori, regolò i meccanici nell'invenzione d'alcune ingegnose macchine, e servì altresì agli stessi filosofi per la formazione de' sistemi, e per la spiegazione de' fenomeni della natura. Ma la cognizione, che quegli avevano di quest'elasticità, non era che una vaga e confusa notizia d'osservarsi nell'aria una qualche facoltà d'addensarsi, e di rarefarsi. Il vedersi questo principalmente per mezzo del caldo e del freddo diede eccitamento a' moderni per fabbricare i termometri, e misurare con essi la maggiore condensazione, o rarità dell'aria col fred-

(a) Ivi cap. xxiii, xxiv, ec. (b) *Epist.* part. ii, ep. xcvi.

do o col caldo maggiore. Ma non s'era andato più oltre ad esaminare altri fenomeni, e fissarli con qualche precisa determinazione. Celebre fu, e rinomata per la novità la sperienza del Roberval, il quale senza calore, e senza ogn'altro estrinseco ajuto con una vescica, che nel vuoto si gonfia, ed, introdottavi di nuovo l'aria, si sgonfia, faceva vedere sensibilmente l'elasticità dell'aria, che naturalmente da sè s'addensa, e si rarefà (*a*). Questa sperienza venne tosto migliorata, e ridotta in varie guise a maggiore esattezza dagli accademici fiorentini, dal Guericke, dal Boile, e da altri; e il Boile, e il Guericke conobbero, e dimostrarono in qualche modo l'elasticità dell'aria atmosferica addensata, e compressa negli strati inferiori col peso de' sovrastanti, e dilatata da sè nelle parti superiori per la naturale elasticità (*b*); onde l'elasticità dell'aria, traveduta prima confusamente soltanto, e derivata unicamente dal caldo e dal freddo, o da qualche esterna pressione, e dilatazione, fu, per così dire, toccata con mano, e in varj aspetti riguardata, e riconosciuta come prodotta dalla sola pressione del proprio peso, e dalla natura dell'aria stessa. La sperienza del Roberval fece pensare a' filosofi, che dovea darsi un grado fisso, oltre il quale non potesse distendersi di più l'aria. Si cercò dunque di determinare fino a qual punto potesse giungere quest'elasticità. Il Cartesio non sapeva dire neppure per congettura se l'aria sia più capace di dilatazione o di compressione (*c*), e questa irrisolutezza, che nasceva nel Cartesio per mancanza d'osservazioni, dura ancora ne' fisici per la diversità delle molte, che se ne sono poi fatte. E' impossibile il decidere se possa l'aria più rarefarsi, ovver condensarsi, mentre non si

(a) V. *Accademia del Cimento*, *Esp. del Roberval* ec.; Boile tom. I, exper. IV.
(b) Lib. III, c. XXXIII. (c) Epist. CIX, part. II.

sa fino a qual grado si possa far l'uno e l'altro, sebbene le sperienze finora praticate sieno giunte a produrre una rarefazione maggiore che la condensazione. La prima misura fatta con qualch'esattezza della dilatabilità dell'aria fu quella degli accademici fiorentini, i quali pure in tre differenti sperienze ritrovarono tre risultati diversi, or di 1 a 209, or di 1 a 182, e finalmente di 1 a 174, e quest'ultima parve loro, ma falsamente, la misura più esatta (*a*). Non piacque al Muschembroek il metodo di quegli accademici (*b*): nè fu infatti seguíta da' posteriori fisici la loro determinazione. Il Boile poco di poi giunse ad accrescere la rarefazione dell'aria tredici mila volte di più della naturale (*c*). Non potè fare altrettanto il Mariotte; ma produsse una estensione 4000 volte maggiore di quella dell'aria atmosferica nella superficie della terra. Il Muschembroek non si contentò della misura del Mariotte, nè di quella del Boile, benchè tanto maggiore; ma riflettendo alle picciole bolle d'aria, che nella macchina pneumatica si levano dall'acqua, e calcolando la diversità delle sfere, in cui vanno crescendo, conchiuse, che la particella d'aria addensata, da cui si forma una bolla di mezzo pollice quando rarefatta, è a questa come 1 a 46656000000 (*d*). Lascio infinite altre determinazioni, le quali sono bensì fra loro differenti, come deono esserlo, e per le circostanze diverse dell'aria, e per la varietà degli osservatori, e per la differenza de' loro metodi; ma tutte convengono a dimostrare, che l'aria è dotata d'un'immensa dilatabilità, a cui non è facile d'assegnare confini. Lo stesso può dirsi della sua condensazione. Il Boile, ed altri fisici del passato secolo cominciarono a condensare l'aria notabilmente, e l'Allejo dietro alcune

Sua dilatabilità.

Condensabilità.

(a) *Esper. per conoscere se l'aria* ec. (b) Ibid. addit. p. 37.
(c) *Mira aer. raref.* cap. III. (d) Ubi supra pag. 38.

osservazioni della reale Società di Londra, e dell'*Accademia del Cimento* conchiuse, che non v'è forza capace d'accrescere di più d'ottocento volte la densità dell'aria su la superficie terrestre (*a*). Ma l'Ales giunse a ridurla a tal compressione da occupare soltanto $\frac{1}{1838}$ del suo volume (*b*), ovvero $\frac{1}{1551}$, secondo l'interpretazione, che dà al suo calcolo il Buffon (*c*); e l'Amontons, calcolando la condensazione dell'aria prodotta dalla pressione del proprio peso della colonna, che le sovrasta, diduce, che seguitando così a comprimersi sotto terra, alla profondità di 18 leghe uguaglierebbe la densità del mercurio, e a 19 leghe quelle dell'oro, e così sempre vie più crescerebbe (*d*): e sebbene i fisici hanno trovato, che negli estremi della rarefazione e della condensazione non serba l'aria la proporzione co' pesi prementi che nello stato medio d'essa, noi nondimeno potremo dire fondatamente, che l'aria com'è capace d'una rarefazione superiore a quanto le possa la nostra mente prefiggere, così può parimente ridursi ad una quasi infinita densità. Una delle verità, che prima si scoprirono intorno a quest'elasticità, fu la sua conservazione per molto tempo, senza che punto perda della sua forza. Gli altri corpi elastici se restano per molto spazio di tempo compressi, perdono, o almeno diminuiscono la loro elasticità. Ma dell'aria osservò il Roberval, che dopo d'essere rimasta in uno schioppo a vento addensata per 15 o 16 anni riteneva lo stesso impeto nel rarefarsi, o la stessa elasticità; ciò che è stato poi confermato dal Desaguliers, e da altri fisici posteriori, sebbene il Nollet crede, che rare volte si potrà dare, che le valvole rinchiudano l'aria assai costantemente per conservare tali fucili carichi per molto tempo (*e*). Non

Fenomeni di questa elasticità.

(a) V. Amontons *Acad. des Sc. 1703*. (b) *Stat. des veget.*, Append.
(c) Ivi Not. (d) *Acad. des Sc. 1703*. (e) *Leçons de Phys. exp.* t. III, lez. X.

dell'aria addensata, e compressa, ma bensì della rarefatta volle il Boile esaminare con maggiore accuratezza se durava costante ed uguale per molto tempo la virtù elastica, e sebbene è vero, che una contraria combinazione di varie circostanze non gli permise di poterlo decidere con sicurezza, pur nondimeno i piccioli saggi, che giunse a fare, gli mostravano abbastanza, che conservavasi intiera ed illesa senza conoscersene diminuimento (*a*). Più ingegnosa, e più interessante è stata la scoperta della legge, che segue l'aria atmosferica nella sua condensazione. Il Boile l'accennò soltanto qua e là; ma il Mariotte colle sperienze, e col raziocinio determinò come legge della natura, che l'aria si condensa a proporzione del peso, da cui è premuta, e risolvè con questa legge molti curiosi problemi di fisica (*b*), e mostrò, che l'aria atmosferica, che noi respiriamo, è in un grado di densità, quale avrebbe un'aria compressa da 28 pollici di mercurio. Posteriormente s'è trovata questa legge del Mariotte non affatto conforme a tutte le circostanze dell'aria; ma essa bastò a dirigere i fisici per cércarne altre più esatte. Oltre la gravità, e l'elasticità è stata data da' fisici all'aria la fluidita, che il Boerahave credè poter mettere in dubbio (*c*), ma che da nessuno le può essere contrastata. Alcuni le hanno voluto altresì accordare l'umidità, altri il colore, ed altri altri attributi, che nè sono stati abbastanza dimostrati, nè sono sì fecondi di fisiche verità da meritare lunghi discorsi.

Fisici illustratori dell'aria.

Boile.

Tutte queste proprietà, singolarmente le due prime, hanno ottenuta all'aria una particolare attenzione di tutti i fisici. Il Boile, ed il Mariotte si possono riguardare come gl'illustratori della medesima, e come i primi maestri dell'aero-

(a) *De durat. virt. elast. aer. exper.* (b) *De la nature de l'air.*
(c) *El. chem., De aere.*

logía. La macchina pneumatica diede campo al Boile di scoprire molte verità spettanti a quest'elemento, e di farci vedere quali sieno le sue proprietà e le sue forze, e quanta parte esso abbia nella vita degli animali, nella conservazione del fuoco e della fiamma, nella prosperità e nel vigore di tutti i corpi naturali: tutta la natura sembrava prendere un nuovo aspetto, quando era da lui obbligata entro quella sua macchina a spogliarsi dell'aria, di cui la vediamo noi rivestita; e colà realmente compariva l'aria come nel proprio trono armata del suo potere, sovrana ed arbitra della vita e della morte di tutti i corpi naturali, direttrice della natura, animatrice dell'universo. Le infinite sperienze, e le molte mire, che ha lasciate su l'aria il Boile, hanno guidati i fisici posteriori a penetrare più intimamente nell'esame di tutti i fenomeni delle sue proprietà. Il Mariotte le ha riguardate con occhi più filosofici, ce n'ha date alcune assai precise determinazioni, ne ha ricercate le cagioni, n'ha derivati molti fenomeni, ha proposte ingegnose spiegazioni d'alcuni effetti, ed ha formato un trattato metodico della natura, e delle proprietà di quest'interessante elemento (*a*). Nella contemplazione del medesimo si sono intensamente occupati gli accademici parigini, che sembrano scelti dalla natura pe' suoi confidenti, e per rilevatori de' suoi misterj. Le ingegnose ed utili invenzioni, che immaginò l'Amontons d'un molino a fuoco, e d'un nuovo termometro, lo condussero a nuove e profonde ricerche, ed a sottili determinazioni su l'elasticità, e su le forze dell'aria. Si propose ad esaminare quanto il calore accresca nell'aria la forza d'elasticità, e trovò, che un ugual grado di calore produce sempre la stessa forza elastica

Mariotte.

Amontons.

(a) *Oeuvres* tom. I, *De la nature de l'air*.

nelle masse d'aria compresse dallo stesso, o da un ugual peso, quantunque dette masse sieno disuguali, e che tanto in grandi, che in picciole masse d'aria il calore dell'acqua bollente dà un aumento di forza elastica di poco più d'un terzo di quella, che ha l'aria su la superficie della terra; cioè, che se questa, secondo la sopraccennata legge del Mariotte, addensata dal peso della colonna atmosferica sovrastante ha un'elasticità da sostenere una colonna di 28 pollici di mercurio, riscaldata col calore dell'acqua bollente potrà equilibrarne un'altra di pollici 38 (*a*). Ma internandosi poi in più distinte investigazioni, e seguendo più dappresso gli andamenti della natura, scoprì, che quanto più l'aria sarà addensata, tanto il medesimo grado di calore le darà forza maggiore; e siccome la densità dell'aria segue la proporzione del peso, che la preme, così potrà dirsi, che l'aumento dell'elasticità prodotto dallo stesso caldo sarà proporzionato al maggior peso premente; e che se il calore dell'acqua bollente accresce l'elasticità dell'aria atmosferica, o dell'aria compressa da un peso di 28 o 30 pollici di mercurio d'un terzo in circa di detto peso, e la rende capace di sostenere una colonna di dieci pollici di più, o di 40 pollici di mercurio, di un terzo in circa sarà parimente l'aumento, che produrrà lo stesso calore in un'aria premuta dal peso di 60 pollici di mercurio, e potrà questa sostenere una colonna di 20 pollici di più, o di 80 pollici di mercurio: onde la medesima porzione d'aria collo stesso grado di caldo avrà più o meno forza elastica, secondo che sarà più o meno condensata, e secondo che maggiore o minore sarà il peso, che la prema. Così per altro verso in un'aria ugualmente densa un calore mag-

(a) *Acad. des Sc. 1699*.

giore potrà accrescere sempre più la forza dell' elasticità. Ma tutto questo è nel caso, che l'aria compressa non abbia lo spazio da rarefarsi; altrimente quanto più si potrà dilatare, scemerà altrettanto la sua elasticità, o dirò meglio sarà minore contro i corpi circostanti la sua pressione, poichè realmente la rarefazione dell'aria è non meno che tale pressione l'effetto della sua elasticità (*a*). Nuove vedute fisiche si presentano all'Amontons da queste sue teoríe; ed egli vi trova il mezzo di render sensibile, e di ridurre a calcolo la cagione de' più violenti tremuoti. Se l'aria s'addensa proporzionalmente a' pesi, che la premono; se in ragione di tali pesi cresce la sua elasticità; se questa s'ingagliardisce ancor più secondo il caldo maggiore, che la promuove, quale incomprensibile condensazione ed elasticità non avrà l'aria nelle profondità sotterranee, dove da sì enormi pesi è compressa, ed accesa da caldi incomparabilmente maggiori di quello, che abbiamo finora calcolato dell'acqua bollente? Qual maraviglia, che a tale impeto ed urto dell'aria trabocchino i mari, si squarcino monti, s'innalzino valli, s'apran caverne, si rovescino pezzi della superficie della terra, si sconvolga la faccia del nostro globo (*b*)? Non va mai sola una scoperta, e può dirsi giustamente, che l'essere feconda è dell'essenza della verità. Le teoríe dell'elasticità dell'aria condussero il la Hire alla spiegazione degli effetti della polvere da fuoco, dello sparo de' cannoni, dello slancio de' razzi, dello scoppio de' lampi e de' tuoni, de' getti d'acqua d'alcune fontane, di molti curiosi fenomeni della natura, e dell' arte (*c*). Le *lacrime bataviche* fecero strabiliare i filosofi finchè non pensarono di ridurre i loro prodigj a quest'elastici-

(a) Ivi an. 1702. (b) Ivi an. 1703.

(c) *Hist. de l'Acad. des Sc.*, an. 1702.

tà. A miglioramento della respirazione, e della salute, a benefizio dell'umanità ha ridotto il Desaguliers queste possentissime proprietà dell'aria, e coll'ajuto delle fisiche cognizioni su la medesima ha inventati i ventilatori, e altre macchine, che hanno liberati dall'infezione dell'aria gli spedali, e altri luoghi, dove il concorso di molte persone la rendeva pericolosa.

Applicazione del barometro alla misura de' monti e dell' atmosfera.

Colle notizie della gravità, e dell'elasticità dell'aria si levarono altri a misurare l'altezza de' monti, ed a ridurre a calcolo la densità, e l'elevatezza dell'atmosfera. Le sperienze del Pascal, e di molt'altri fecero vedere, che il mercurio, il quale ne' piani al livello del mare si tiene nel barometro all'altezza di pollici 28, ne' siti più elevati viene più basso, e scema la sua altezza nel barometro, come cresce quella de' siti, dove si fa l'osservazione. Dall'abbassamento dunque del mercurio si potrà conoscere l'elevatezza d'un monte, o d'un alto sito, e da tale abbassamento in tale elevazione potrà didursi l'altezza dell'atmosfera. Ma a questo fine fa d'uopo di fissare giustamente quant'altezza richiedasi per far discendere una linea il mercurio. E qui tosto si vede notabile discrepanza nelle osservazioni. Il Muschembroek ci presenta una lunga lista di molte di queste fatte nella Francia, nell' Inghilterra, nella Svezia, nell'Olanda, e nella Germania, e ritrovandole tutte diverse ne forma una tabella delle differenti altezze, che vi sono state d'uopo a produrre l'abbassamento d'una linea nel mercurio (*a*). Noi rimettendo i lettori a questo luogo del Muschembroek, rifletteremo soltanto con lui, e cogli altri fisici, che la diversità de' tempi e de' luoghi dell'osservazione dèe necessariamente produrre diversi-

(a) *Tentamina* ec. *Exper. primo in Gallia* ec. *Additam.*

tà nel peso e nell'elasticità dell'aria atmosferica, e quindi non picciola differenza ne' risultati. A queste difficoltà nate dalle variazioni dell'atmosfera aggiunge il Nollet (*a*) quelle, che provengono dalla dilicatezza delle osservazioni, trattandosi di segnare con precisione ed esattezza in un tubo non sempre uguale al di dentro perfettamente, attraverso del vetro, che produce qualche rifrazione, dove una piccola coesione del mercurio, e la stessa figura sferica delle sue parti pregiudica ad un esatto equilibrio, gli stretti confini d'una giusta linea. Onde non è da fare maraviglia, che siensi ritrovate in tali misure notabili varietà. Pure dall'attento confronto di tante osservazioni hanno creduto i fisici potersi prendere giustamente l'altezza fra dieci e dodici tese, ossia fra 60 e 70 piedi, per l'abbassamento d'una linea. Il Cassini, che alla finezza dell'occhio misuratore univa la pratica di spessissime osservazioni in quasi tutti i monti della Francia, incominciate dopo il 1670, e seguitate fino a questo secolo già inoltrato, calcolava pel primo abbassamento d'una linea l'intervallo di piedi 61, quello di 62 per l'altra linea, e così ad ogni linea d'abbassamento accresceva un piede di più nell'altezza: e il Maraldi confrontando questa regola co' risultati delle osservazioni dello stesso Cassini, del la Hire, e d'altri, la trova sempre assai giusta; e conforme alle misure geometriche prese altronde di tali altezze (*b*). Il Mariotte, stando al suo principio fissato con alcune sperienze, che le condensazioni dell'aria seguono la proporzione de' pesi, che la premono, stabilì di trovare per una progressione geometrica le diverse altezze d'aria, che a ciascuna linea di mercurio convengono, e poi per facilitare maggiormente il calcolo cambiò questa

Proporzione dell' abbassamento del Mercurio coll' altezza de' monti.

(a) Lez. xI. (b) *Acad. des Sc.* an. 1703.

progressione geometrica in altra aritmetica, e l'applicò all'osservazione del Pascal, o del Perrier, e ad una del Cassini senza notabile divario da' risultati. Ma Jacopo Cassini, fondato su queste, e su infinite altre osservazioni dello stesso Cassini suo padre, e di molt'altri, combattè la legge del Mariotte, e confermò quella di suo padre, e del Maraldi, e con una tavola de' calcoli dell'una e dell'altra, e de' risultati delle osservazioni fece toccare con mano la verità delle sue ragioni (*a*). Co' calcoli del Cassini si misurano assai giustamente le altezze delle montagne, come, oltre le pruove addotte da Jacopo Cassini, e dal Maraldi (*b*), lo dimostra chiaramente il de Luc (*c*). Ma per la misura dell'elevazione dell' atmosfera a nessun calcolo possiamo affidarci con sicurezza, non sapendo in qual proporzione si rarefaccia l'aria, a misura che si diminuisce la sua massa. Il Mariotte stando alla proporzione da lui fissata della densità dell'aria co' pesi, che la comprimono, determinò a leghe 15 l'altezza dell'atmosfera. Ma la legge del Mariotte viene seguita soltanto nelle densità medie dell'aria, non nelle estreme: l'aria molto addensata non riceverà con uguale aumento di peso uguale accrescimento di condensazione; e nelle altezze superiori, quando sarà poco il peso, che la comprima, si distenderà molto più, come fanno generalmente i corpi elastici, e colla detrazione d'un minor peso riceverà molto maggiore rarefazione: nè si può con ragione alcuna fondatamente determinare quale proporzione segua in tutti gli stati diversi la sua elasticità; e vanamente pertanto si vorrà determinare per questa via l'altezza dell'atmosfera. Anzi il Fontanelle osservando, che nelle sperienze delle condensazioni dell'aria fatte dal Mariotte,

Difficoltà di determinare l'altezza dell' atmosfera.

(a) *Acad. des Sc.* an. 1705. (b) Luogo citato.

(c) *Recher. sur les modif. de l'atmosf.*

rinnovate dal giovine Cassini, e con maggiore diligenza, e sagacità ripetute dall'Amontons, si serba assai giustamente nell'aria addensata ne' tubi la legge del Mariotte, e che questa poi manca nell'aria atmosferica all'arrivare ad altezze abbastanza notabili, come s'è veduto nelle osservazioni del Cassini e degli altri; congettura non senza ragione, che vi ha qualche differenza fra l'aria libera e l'aria in un tubo racchiusa, amendue ugualmente rarefatte (*a*): e questa sarebbe in verità una notabile scoperta su l'aria atmosferica, se venisse ben comprovata co' fatti. Ma l'Amontons, che incominciò a darcene alcuni lumi colle sue sperienze, mancò di vita prima di condurle al dovuto rischiarimento; nè altri, che io sappia, v'è poi meglio riuscito nel ridurre a dimostrazione quest'ingegnosa congettura. Per la misura dell'atmosfera presero un'altra via gli astronomo-fisici, e dalla durata de' crepuscoli argomentarono la sua altezza, dovendo questa durare tanto più, quanto più elevata sia l'atmosfera, che ci riflette quelle particelle della luce solare. Il Keplero adoperò questo mezzo, ma senza saperlo ridurre alla dovuta perfezione (*b*). Il la Hire (*c*), e l'Allejo (*d*) lo seguirono colle più accorte mire, e colle più sottili cautele, e determinarono a 15 o 16 leghe l'altezza dell'atmosfera. Ma nondimeno posteriormente il Mairan l'innalzò a molto superiore elevatezza, e le accordò un'estensione di 200 e più leghe (*e*). La figura dell'atmosfera diede campo eziandío alle disquisizioni de' fisici, che, non contenti di segnar l'altezza ne' siti delle loro osservazioni, vollero determinarla per ogni punto del nostro globo. Osservò nella Cajenna il Richer, che il mercurio non

Figura dell' atmosfera.

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1705. (b) *Astr. opt.* cap. IV.
(c) *Acad. des Sc.* an. 1713. (d) *Trans. phil.* 1686 n. 181, 1719 n. 360.
(e) *De l'auror. boreal.*

superava mai i 27 pollici ed una linea, mentre nell'osservatorio di Parigi oltrepassa alle volte i pollici 28; e da questa osservazione del Richer sospettarono alcuni, che nelle maggiori vicinanze all'equatore fosse minore, o rimanesse più bassa l'atmosfera, e che l'aria pertanto da una minore colonna compressa innalzasse meno il mercurio nel barometro. Da un' altra osservazione contraria del Wallerio ricavò il giovine la Hire la medesima conseguenza. Il Wallerio nelle miniere di *Falhun*, e su la montagna Grufriisberget, essendo il mercurio all'altezza di 27 pollici 5 linee, osservò, che una linea di mercurio non importava che 10 tese, 1 piede, 6 pollici; e il la Hire confrontando quest'osservazione colle francesi, le quali tutte danno altezze maggiori ad ogni linea di mercurio, conchiude doversi credere più addensata l'aria della Svezia di quella della Francia, e quindi didursi, che più alte sieno le colonne dell'aria atmosferica, o più alta l'atmosfera nella Svezia che nella Francia (*a*). Ma queste ragioni non hanno che una leggiera apparenza, e sono contrastate da altre contrarie forse più forti, e non hanno perciò potuto indurre i fisici posteriori a dare all'atmosfera quella gradazione d'altezze, che le accennate osservazioni sembrano d'indicare, e la figura dell'atmosfera resta più incerta ed oscura che la stessa sua variamente confusa elevazione. Prima di lasciare questa materia rammenteremo una nuova osservazione, che ha fatto su l'atmosfera il Toaldo, e che era stata prima in qualche modo accennata dal Buffon (*b*), ed è venuta poi con nuove osservazioni e ragioni confermata dal Chiminello. Da una lunga serie d'osservazioni meteorologiche, che per molti anni fece in Padova il Poleni, le quali provano, che il barome-

Flusso e riflusso dell' atmosfera.

(a) *Acad. des Sc.* an. 1712.

(b) *Hist. nat.* ec. tom. II, art. XIV ed. in-12.

tro si risente in modo sensibile dell'azione della luna dall'apogeo al perigeo, dalle sizigie alle quadrature, ricavò il Toaldo una variazione, che chiama *mensuale*, nel barometro, e poi passò anche a trovarne una *diurna*, ed a formare il suo flusso e riflusso nell'aria dell'atmosfera, come s'osserva da tanti secoli nell'acqua del mare. Che se il Frisio riconoscendo nelle osservazioni meteorologiche fatte in Norimberga per 11 anni dal Lambert, e in quelle del Poleni in Padova per 36, indicate variazioni nell'atmosfera corrispondenti a' punti lunari, non crede, che quelle osservazioni sieno, nè possano essere di tale esattezza da poterne conchiudere con sicurezza le pretese atmosferiche variazioni *(a)*; il Toaldo non si sgomenta, scioglie le opposizioni del Frisio, ed altre che gli si potrebbero fare, risponde a tutto, e con replicate e diligentissime osservazioni sue, e del Chiminello, che meritano ogni credenza, stabilisce quella costante variazione; e sebbene da principio non conobbe essere che una sola al giorno, poi ne trovò anche due particolarmente in alcuni giorni di certi punti lunari *(b)*. Di queste due maree atmosferiche non solo ha confermata posteriormente il Chiminello la verità con maggiore apparato di ragionamenti, d'osservazioni, e di calcoli, ma si è anche inoltrato a cercare le fisiche cagioni, che ha creduto con valevole fondamento poter presentare al pubblico *(c)*.

Arie fattizie.

Quanto finora abbiamo accennato delle proprietà, e de' fenomeni dell'aria, tutto versa su l'aria atmosferica, nè altra che questa ne conoscevano i fisici, e di questa osservavano gli effetti, e ricercavano le proprietà. L'Ales discoprì un'altra spezie d'aria diversa, d'altre qualità, d'altri attributi, d'altre

(a) *Cosmogr.* lib. III, cap. II *Append.* (b) *Hist. de l'Acad. de Berlin* an. 1778.
(c) *Accad. di Padova* tom. I.

virtù, e produsse per essa una nuova aerología: l'aria *fissa* svelata, e svolta dall'Ales ha bisognato di nuovi stromenti, di nuove sperienze, e di nuove mire, ed ha, per così dire, fatto nascere una nuova fisica. Tutti i corpi contengono più o meno quantità d'aria, che attenuata, divisa, e riposta fra le molecole del corpo, vi si trova come fissa, ed oppressa, e si può quindi in varie maniere disciogliere e distaccare. Quest'aria, che per lo stato, in cui si ritrova entro i corpi, si chiama *fissa*, fu già conosciuta da' chimici e fisici, e particolarmente il van Helmont, il Boile, ed il Mariotte mostrarono d'averne un'assai giusta cognizione, e la seppero ritrovare in parecchj corpi. Ma come l'Ales l'esaminò con migliori vedute, e la maneggiò con più fino metodo, così è riputato come il suo inventore, e gode il vanto d'essere venerato come il creatore di questa nuova aria. Egli infatti scoprì in tutti i corpi liquidi e solidi animali, vegetabili, e minerali, nel tartaro, ne' calcoli della vescica, e in ogni corpo una porzione d'aria rinchiusa, e addensata, trovò la maniera d'estrarla, diede il mezzo di misurarla, descrisse molte sue proprietà, comuni alcune coll'aria atmosferica, altre affatto diverse, mostrò molti particolari suoi effetti; fece vedere in alcuni corpi la virtù di produrla, in altri d'assorbirla, provò tutto con varie ed opportune sperienze le più compiute, che noi abbiamo ancora presentemente, come dice il Lavoisier *(a)*; inventò stromenti, propose metodi, stabilì teorìe, e gettò i fondamenti d'una scienza particolare di questa nuov'aria *(b)*. Ma l'Ales, profondo meditatore, e diligentissimo sperimentatore, era più atto per l'invenzione che per la sposizione della verità: il suo libro fatto per gli ama-

Scrittori di tali arie.

Ales.

(a) *Opusc. phys. et chym.* tom. I, c. III. (b) *Stat. de veget.* cap. VI.

tori della verità la più ignuda, e non per esser letto piacevolmente, ma per essere attentamente studiato, è una raccolta d'una infinità di fatti utili e curiosi, la cui concatenazione non vedesi al primo sguardo, e suppone ne' suoi lettori penetrazione d'ingegno, e moltiplicità di cognizioni, che non sono comuni a molti; e perciò le sue scoperte, come dice lo stesso suo traduttore Buffon (*a*), non fecero quello spicco, che avrebbono fatto, se fossero state presentate con altro metodo; e la sua dottrina non levò tanto grido, nè si guadagnò tanti seguaci, come merita la sua novità, la sua sodezza, ed utilità. Si cominciò nondimeno a trattare alquanto più di quest'aria, benchè sott'altri nomi diversi, ed a conoscersi più intimamente alcune sue proprietà; e il Brownrig (*b*), il Venel (*c*), e qualch'altro, di nociva quale era prima soltanto riconosciuta, cominciarono ad applicarla a salutevoli usi. Il Lavoisier (*d*) dà un'assai giusta e compiuta idea della teoría del Black, e del Jacquin, delle fatiche del Saluzzo spettanti a questa materia, delle sperienze e scoperte del Cavendish, della teoría del Meyer, distruttrice in gran parte dell'or lodata dell'Ales, del Black, e del Macbride, della dottrina del Crans, dello Smeth, del Rouelle, del Beaumé, e d'alcuni altri; e noi rimettendo a quel dotto autore i nostri lettori, che brameranno d'averne distinta notizia, rivolgeremo al famoso Priestley il nostro ragionamento. I primi fisici illustratori dell'aria fissa non avevano di questa assai chiare e precise idee; l'istesso suo padre e maestro Ales, privo delle necessarie notizie, e di più fini stromenti, non ebbe sempre giusti i risultati delle sue sperienze, e calcolò troppo

(a) Prefaz. (b) *Philos. transact.* tom. LV.

(c) *Mém. présent. à l'Acad. des Sc. de Paris* vol. I I.

(d) *Opusc. phys. et chym.* tom. I; *Précis. hist. sur les éman. élast.*

ristrettamente i prodotti, confuse vagamente l'aria fissa coll' atmosferica, nè seppe abbastanza distinguere le proprietà, e le differenze dell'una e dell'altra, e non giunse insomma ad acquistare il possesso di quell'aria, di cui egli fu lo scopritore, e per così dire il creatore. Il dominio e la padronanza di questa è poi toccato alcuni anni dipoi al suo nazionale Priestley, il quale viene giustissimamente riguardato come il maestro di tutta la nuova aerología. Il suo genio industrioso e paziente gli ha fatto ritrovare nuovi stromenti e nuove operazioni, nuovi apparati e nuovi processi, onde frenare un corpo sì libero, sì scorrevole, e lubrico, costringerlo, e rinserrarlo ne' suoi vasi, moverlo, e trasportarlo a piacimento, renderlo visibile, maneggiarlo, e spartirlo, e farne rigorosissima anatomía, dove pareva un'estrema sottigliezza il conoscerne l'esistenza. Così ha potuto egli rinvenire tante spezie diverse d'aria, esaminare le proprietà comuni a tutte, e le peculiari a ciascheduna, presentarle in modo sensibile, e sicuro, e farle conoscere a' suoi lettori. Dalle sue vasche, dalle sue boccie, da' suoi vasi sono uscite l'aria fissa, l'aria nitrosa, l'aria deflogisticata, la flogisticata, l'infiammabile, l'acida, l'alcalina, e tant'altre sorti d'arie diverse, e sono venute a svelare molti secreti, che la natura teneva nascosti nelle calci, ne' metalli, e in tant'altri corpi naturali; e il Priestley producendole, e maneggiandole, e dirigendole opportunamente ad utili fini, può riguardarsi come un nuovo Eolo, padre e governatore, arbitro e dio di queste nuove arie (*a*). L'aria mefitica d'alcuni siti, e d'alcuni corpi era già prima riconosciuta come nocevole alla vita degli animali: il Priestley ha trovata generalmente ogni aria fissa dannosa al-

Priestley.

Aria fissa.

(*a*) *Esper. ed osserv. su differ. spezie d'aria*; ed *Esp. su diff. rami della Fisica* ec.

la conservazione degli animali, de' vegetabili, della fiamma, e de' colori; ma l'ha scoperta altresì capace di comunicare all'acqua comune il gusto acidulo d'alcune minerali, e darle così artifizialmente quella forza, ed attività, che queste ricevono dalle mani della natura. Il Macbride, il Percival, ed altri medici hanno riconosciuto nell'aria fissa parecchie virtù medicinali: la produzione di quest'aria s'è resa giovevole per la curazione de' mali putridi, de' calcoli, de' cancheri, dello scorbuto, e d'altri mali, e la scoperta del Priestley si ritrova molto salutare e benefica, e diventa sempre più interessante per l'umanità. Lo scoprimento dell'acidità, che l'aria fissa comunica all'aria, ha eccitata fra' fisici un'assai dibattuta questione. Il Priestley suo inventore, appoggiandosi alle sperienze dell'Hey, la crede naturale, ed intrinseca all'aria fissa, e vuole, che questa sia essa medesima una spezie d'acido naturale, o un acido d'un genere particolare, e suo proprio, o, come il Bergman la chiama, un acido aereo, e s'appoggia alle sperienze fatte dall'Hey (*a*); e di questo sentimento sono parimente l'Achard (*b*), e molt'altri. Ma il Fontana, esaminate più attentamente le sperienze dell'Hey, e le ragioni del Priestley, e fatti da lui nuovi e più decisivi sperimenti, conchiude, che non innata, ma straniera all'aria fissa debba credersi quell'acidità: e come quest'ingegnoso fisico non sa toccare alcuna materia senz'arricchirla di nuovi lumi, così passa a dimostrarci, che l'acido vitriolico è nell'aria fissa in un vero stato di dissoluzione; che per ciò può credersi, che quell'acido nell'aria fissa rechi gran giovamento in molte infermità, mentre sì poco giova l'acido vitriolico anche sciolto nell'acqua; che v'è nell'aria atmosferica e salubre un prin-

(a) *Esper. ed osserv. su differ. spezie d'aria*, Append.; *Dettaglio d'alcune sper.* ec.
(b) *Acad. de Berlin* an. 1778, *Mém. sur la déflog. de l'air flogist.*

cipio d'acido volatile naturale, e che può ritrovarsi uno stromento, che c'indichi nell'aria la maggiore o minore salubrità, e presenta allo studio de' fisici altre curiose ed interessanti verità (a). Non men che dell'aria fissa è illustratore il Priestley di tant'altre spezie d'aria, che hanno occupati quasi tutti i fisici de' nostri dì. Ma come seguire una ad una l'aria flogisticata e la deflogisticata, l'aria nitrosa, l'aria alcalina, la numerosa famiglia delle arie acide, e le infinite scoperte, che su ciascuna di queste arie hanno fatte il Priestley, il Cavendish, il Lavoisier, il Fontana, il Landriani, e tant' altri?

Aria infiammabile.

La sola aria infiammabile, che tanto romore ha menato in questi dì, ferma alcun poco la nostra attenzione. Da quasi tutti i metalli e semimetalli, e dalle sostanze animali ricavava il Priestley coll'ajuto degli acidi l'aria infiammabile, la quale si mostra essere differente dalla comune e per l'odore, e per la leggierezza, e pel mefitismo, e per altre qualità; ed è veramente infiammabile, perchè prende fuoco, e s'infiamma all'avvicinamento del lume. Lascio le dispute agitate da' fisici su l'azione, che l'acqua esercita contra l'aria infiammabile, quando entrambe sono insieme agitate in un medesimo vaso, su la maggiore o minore conservazione di quest' aria, e su' varj altri simili punti, e vengo alle scoperte del Volta in questa materia, che gli hanno meritato un nome distinto. Egli fu il primo a ricavare naturalmente da' canali, da' fossi, da' fiumi, da' laghi, da' siti limacciosi e fangosi una pronta e copiosa quantità di tale aria, e a darci così un'aria infiammabile naturale. Egli ha inventati nuovi apparecchj, onde meglio raccogliere, e maneggiare l'aria in-

(a) *Ricerche fisiche sopra l'aria fissa. Descr. e usi d'alcuni strom. per misurare la sal. dell'aria.*

fiammabile. Egli ha trovato non una, ma molte e diverse essere le spezie di questa, ed ha assegnate a ciascuna spezie le sue proprietà, e differenze. Egli ha scoperte tante nuove verità su quest'aria, che si rende in qualche modo superiore allo stesso Priestley, il quale sembra volerlo riconoscere in questa parte come maestro *(a)*. Celebre è non solo in tutta l'Europa, ma nell'America, e in ogni luogo, ove si conosce la vera fisica, il pistoletto elettrico ad aria infiammabile, che ha inventato, e ridotto ad uso quest'ingegnoso fisico *(b)*. A lui pure riferisce lo Scopoli l'invenzione d'altre macchinette, d'altre osservazioni, e d'altre teoríe, che arrecano vie maggiore gloria al suo nome, e rendono la scienza aerologica più curiosa ed interessante *(c)*. A maggiore celebrità dell' aria infiammabile, ed a più nobile rischiarimento della dottrina dell'aria sono venuti in questi dì i palloni volanti, i quali però sono troppo presto sparuti senza avere recato gli aspettati vantaggi alla fisica, e all'altre scienze. A' due fratelli Montgolfier, non meno dilettanti delle scienze fisiche, che delle cognizioni risguardanti l'arte di far la carta, per la quale hanno acquistato tanto nome alla loro fabbrica d'Annonay, è dovuta l'invenzione di quella celebre macchina, che prima fecero coll' aria infiammabile, e poi più semplicemente coll'aria rarefatta col fuoco. La maggiore leggierezza dell'aria infiammabile sopra quella dell'atmosferica, e la facilità, con cui s'innalzò un taffetà gonfio di tale aria, guidò quegl'industriosi fratelli ad una sì nuova ed inaspettata scoperta, e fattane prima privatamente qualche prova, poi nel giugno del 1783 la sposero agli occhi di tutti, e fecero innalzare su l'aria un volumino-

Globi aerostatici.

(a) V. *Lettere su l'aria infiam. Lett. al Sig. Priestley* ec. *Lett. al Sig. March. Castelli* ec., *ed altri*. (b) *Lett. al Sig. March. Castelli sopra un moschetto, e pistola d'aria infiammabile*. (c) *Dizion. di Chim. del Macquer*, art. *Aria infiammabile*.

so pallone di più di 30 piedi di diametro alla presenza del popolo spettatore. Giunse tosto a Parigi la nuova della macchina volante d'Annonay, e il dotto fisico Charles, ajutato da' due meccanici fratelli Robert, s'impegnò a dare un simile spettacolo al popolo di Parigi. L'aria infiammabile de' Montgolfier era prodotta semplicemente coll'accensione della paglia bagnata, siccome il mezzo più facile, e men dispendioso; aria, che s'è poi meritato lo studio, e le speculazioni del dotto fisico Achard (*a*): il Charles, niente sapendo delle operazioni de' Montgolfier, pensò, com'era più ovvio, a formarsi l'aria infiammabile con una dissoluzione metallica, essendo questa assai più leggiera, ed ajutato nella troppo gravosa spesa da un'associazione di varj altri fece nel seguente agosto coll'aria infiammabile metallica un globo aerostatico di 12 piedi di diametro, che s'innalzò con una leggierezza, o forza capace di levare con sè il peso di 40 libbre. Altro globo più grande, e capace di portare nell'aria un peso di 700 e più libbre fecero tosto nel settembre i Montgolfier: parecchj altri si diedero a formare simili globi: il celebre e sfortunato Pilatre de Rozier ardì il primo di montarvi sopra, e sollevarsi nell'aria; non pochi altri si diedero a gara a seguire il coraggioso suo esempio; e tutti furono presi dall'entusiasmo di quella nuova invenzione: i fisici, ed i chimici ricercarono i mezzi di produrre un'aria più e più leggiera, e men dispendiosa; i matematici s'applicarono a calcolare i movimenti di tali globi; e i palloni aerostatici occuparono i pensieri, e l'attenzione di tutti. Egli era realmente un sorprendente e maraviglioso spettacolo il vedere l'uomo, che co' suoi cocchj calca la terra, e varca colle navi l'onde del ma-

(a) *Acad. de Berl.* an. 1782.

re, superare ugualmente co' globi aerostatici le regioni dell' aria, e camminar da per tutto come in trionfo padrone dell' universo. *Nil mortalibus arduum est*. Non è dell'oggetto della nostra opera il distendere qui la storia, e molto meno l'elogio di questi globi, e dirò soltanto al nostro proposito, ch'essi eccitarono i fisici a studiare più attentamente le proprietà diverse delle arie, che diedero materia a varie dotte opere fisiche e matematiche intorno alla loro composizione, ed al loro moto; che produssero una nuova scienza, chiamata giustamente aerostatica, e coltivata da' dotti geometri, perfino dal grand'Eulero; e che finalmente a tutta la dottrina dell'aria recarono nuovi lumi ed utili rischiaramenti; e sarebbono riusciti di gran vantaggio a quasi tutte le altre scienze, e forse anche alla società, se non fossero stati sì presto, e quasi nel loro nascere abbandonati. Se la sola aria infiammabile ha prestato argomento di tante e sì famose scoperte, non è stato inutile e sterile lo studio delle altre sorti di arie diverse. Quante belle sperienze ed osservazioni non hanno fatte su le arie salubri il Priestley *(a)*, il Landriani *(b)*, l'Achard *(c)*, ed altri parecchi fisici? Il Landriani in oltre ci ha fatto il dono d'uno stromento da altri desiderato, e da taluno anche immaginato, ma da lui solo eseguito, per misurare la salubrità dell'aria, ed ha formato il primo *eudiometro*, che meriti realmente l'onore di questo nome, e che ha potuto servire d'esemplare al Maghellan *(d)*, all'Achard *(e)*, e ad altri, che hanno arricchita l'aerologia di nuovi eudiometri. Che spazioso campo di nuove scoperte non è stata altresì l'aria deflogisticata al Priestley, al Cavendish,

Altre arie.

(a) L. c. e *Lettere al Landriani* ec., *Opusc. di Milano* vol. XVII.

(b) *Ricerch. su la salub. dell'aria*.

(c) *Acad. de Berlin* 1778.

(d) Lett. 10 *D.r Priestley*.

(e) *Acad. de Berlin* 1778.

al Lavoisier, al Fontana, all'Achard, e ad altri fisici? Il Fontana ha in oltre scoperta una nuova aria, da lui chiamata *regia* (a); il Milly ha arricchita questa nuova aerología d'un' altr'aria animale, o d'un gas emanato dal corpo umano, che è stato confermato ed approvato dal Lavoisier (b); e quasi tutti i moderni fisici e chimici vanno a gara per ritrovare nuove arie, o qualche nuovo fenomeno, o nuova proprietà nelle già ritrovate; e noi avremmo materia di molti grossi volumi, se volessimo seguire tutte le scoperte, che hanno fatte, e che seguitano a fare in tali arie i dotti moderni. Ma il fin qui detto potrà bastare per dar a conoscere quali sieno i sottili studj de' fisici de' nostri dì, e quanti progressi abbia fatto in brevissimo tempo la nuova aerología, abbozzata prima dall'Ales, e poi pienamente formata e compiuta dal Priestley, ed arricchita, ed ornata di nuovi lumi da tant'altri valenti fisici. Fortunatamente per la fisica queste minute speculazioni sono in mano di saggi filosofi, non meno acuti per vedere ogni pericolo d'abbaglio e travedimento, che sinceri, e gelosi dell'onore delle scienze, per non proporre come scoperte se non le conosciute ed incontrastabili verità, ed ingegnosi ed accorti per render visibili, e far toccare con mano le loro invenzioni. L'estrema sottigliezza in materie sì poco sensibili, l'eccessivo amore di novità, e il prurito e vana ambizione di fare scoperte, che è la passione dominante de' moderni fisici, potrebbono far temere altrimenti, che si prendessero talvolta per nuove verità le visioni d'un'ambiziosa fantasía, e si riguardassero come risultati delle sperienze gli effetti della prevenzione. Or nondimeno sarebbe da desiderare, che i nostri fisici, senza impegnarsi sì avidamente in trovar

(a) *Mem. della Soc. Ital.* tom. I. (b) *Acad. des Sc.* an. 1777.

sempre proprie scoperte, si contentassero alle volte di confermare, ed assodare l'altrui, e liberarle da' dubbj e dall'incertezza, da cui i loro autori non le han potuto levare. Quanto più utile sarebbe l'accertare le virtù medicinali dell'aria fissa, decantate da molti, ma non da tutti credute, che non affannarsi per ritrovare una qualunque scoperta, che spesso non serve che a scancellarne qualch'altra, ed essa medesima non di rado viene in breve tempo obbliata? Colla cognizione di tante arie, e di tanti loro attributi si potrà ora meglio disaminare l'aria atmosferica, e piacerebbe a molti, che si facesse più studio di ben conoscere l'aria naturale, da cui siamo circondati, e che tanta parte ha nella comune salute, e in tutta la società, che non d'anatomizzare tant'arie fattizie, che bisognano di matraccj, e di lambicchi, d'acidi, e d'altri mezzi per estrarsi da' sali, da' metalli, e da' varj corpi, dove la natura le teneva nascoste. A tanti punti, che abbiamo toccati, dell'aria sarebbono ancora da aggiugnersi il suono, ed i venti, che appartengono alla medesima. Ma come è tanto vasta e copiosa la materia di questo capo, quel poco, che abbiamo trattato del suono nel parlar dell'acustica, e ciò, che diremo de' venti nella meteorología, ci potrà dispensare di tenerne qui più lungo ragionamento; e noi però lasciando da parte l'aria entreremo a contemplare brevemente il fuoco, e a dare una leggiera notizia della pirología.

Del fuoco.

Il fuoco, animatore di tutti i corpi, e spirito e vita di tutto l'universo, ha giustamente occupate in tutti i tempi le meditazioni de' filosofi. I persiani, ed altri antichi contemplando l'irresistibile forza, che gode il fuoco, ed i molti e grandi vantaggj, di cui ci è benefico apportatore, gli ergevano are, e l'adoravano come dio. Gli stessi greci, e i romani lo riguardavano come cosa sacra, e lo trattavano con

religiosa venerazione. I filosofi facevano grand'uso del fuoco pe' fisici loro sistemi, e per la spiegazione de' fenomeni della natura. Eraclito, ed Ippaso lo volevano come primo principio, ed ultimo termine di tutti i corpi, dal quale sieno nati in qualche modo gli altri elementi, e nel quale tutto l'universo venga a finire (*a*). Il sole, e le stelle, secondo il sentimento di quasi tutti gli antichi filosofi, non sono che fuoco (*b*). Una composizione di fuoco credeva Democrito, che fosse l'anima umana (*c*). Platone chiamava il colore una fiamma, che spicca da' corpi (*d*); e tutti insomma ricorrevano al fuoco per ispiegare le operazioni della natura. Ma al venire a qualche precisione nel descrivere le sue proprietà, nessuno ha saputo parlarne colla dovuta esattezza. Tutti, secondo il gusto universale a que' tempi di penetrare ne' principj della natura d'ogni cosa, s'impegnarono in iscoprire quella del fuoco; e alcuni vollero, che fosse composto di particelle piramidali ed acuminate, alrri di sferiche e rotonde, altri pensarono, che il fuoco fosse formato dall'aria più e più rarefatta, altri al contrario, che esso fosse il primo principio, onde derivasse la formazione dell'aria stessa, e di tutti i corpi; e così si dibattevano in varie opinioni intorno ad un punto, su cui non potevano mai trovare che semplici congetture. Ma delle proprietà del fuoco, che potevano veramente conoscersi colle sperienze ed osservazioni, o non dissero che cose ovvie e comuni, o ne immaginarono delle false. La leggierezza è stata generalmente abbracciata da tutti gli antichi come una proprietà in sommo grado del fuoco; luce, calore, e secchezza sono gli attributi, che tutti parimente gli davano, e generalmente nessuno ci presentava che un'idea comune e triviale,

(a) Lucret. *De rer. natur.* lib. I; Plut. *De solat. phil.* lib. I, c. III.
(b) Plut. ibid. lib. II, c. XIII. (c) Ibid. lib. IV, c. III. (d) Ibid. lib. I, c. XV.

e talor anche poca giusta di quell'elemento. Nè meglio ci hanno istruiti delle sue qualità i moderni filosofi, mentre hanno seguíte, come gli antichi, le congetture del loro ingegno, nè hanno cercata la vera e sicura scorta de' fatti. Che c'insegnano il Patrizio, il Cardano, ed altri riformatori dell'antica filosofia col negare al fuoco ogni sostanza, e farlo soltanto una modificazione delle particelle del corpo caldo od acceso! Il Cartesio entrò da filosofo ad esaminare la natura del fuoco, la sua propagazione, il suo alimento, ed altri fenomeni, che chiamano giustamente i filosofici sguardi; ma attaccato sempre al suo sistema volle ad ogni cosa applicare i globetti, e le particelle de' suoi tre elementi, e diede una spiegazione più da poeta che da filosofo (*a*). Il Boile fu il primo, che risguardasse il fuoco nel vero suo aspetto, obbligandolo colla forza delle sperienze a scoprire senza ritegni le sue proprietà; ma il libro dove svolgeva pienamente questa materia, non ha potuto vedere la luce; e noi altro non abbiamo che alcune poche sue sperienze, le quali però sono le prime scoperte, che possano dirsi tali riguardo al fuoco. Il Casati colla voluminosa sua opera intorno al fuoco non fece che incominciare a mostrarlo in varj fenomeni, ed eccitare gli studj d'altri filosofi a meglio applicarsi ad esaminarlo (*b*). Il Boerahave, senza immaginarie speculazioni, col cercare le vere sue proprietà, e provarle co' fatti, s'è reso classico e magistrale in questa materia (*c*). L'Amontons (*d*), il Mairan (*e*), il Muschembroek (*f*), il Nollet (*g*), ed alcuni altri hanno fatte nuove sperienze ed osservazioni, e prodotte nuove sco-

(a) *Princip.* part. IV, n. LXXX e seg. (b) *De igne* dissert. phys.
(c) *Elem. chem.* tom. I. (d) *Acad. des Sc.* a. 1699, al.
(e) Ivi an. 1719, e *Diss. sur la place*. (f) *Ess. de phys.* c. *Tentam. exper. nat.* ec.
(g) Lez. XIII, XIV.

perte. L'accademia delle scienze di Parigi propose per argomento di premio la questione della natura del fuoco: ma benchè fossero tre le dissertazioni premiate, e queste avessero per autori non meno che l'Eulero, il Lozeran de Fiesc, e il Crequi, non si è resa con queste più palese, e più conosciuta la natura di quell'elemento. I chimici e fisici moderni, il Crawfort, il Marat, e molt'altri si studiano di recar nuovi lumi alla dottrina del fuoco. Entriamo noi brevemente a ricorrere con qualche distinzione alcuni punti particolari, e cerchiamo di meglio conoscere le scoperte de' fisici in questa scienza.

Gravità dell' aria negata dagli antichi.

La leggierezza, e la gravità del fuoco è stata un argomento di speculazioni degli antichi e moderni fisici. Democrito, Platone, Aristotele, gli stoici, e tutta insomma l'antichità, vedendo il fuoco innalzarsi sempre su gli altri corpi, lo credevano naturalmente leggiero, e che da sè stesso tendesse all'insù; e quest'opinione degli antichi si mantenne inconcussa nelle scuole, senza che in tanti secoli venisse a nessuno il pensiero di dubitarne. Il primo, che rivocasse in dubbio quell'universale opinione fu, per quanto pare dal testimonio del Casati (*a*), l'autore delle dissertazioni *De terra machinis mota*. Ma il primo, che facesse realmente la scoperta della gravità, e del peso del fuoco, non fu che l'ingegnoso ed attento Boile, il quale con replicate sperienze la provò in varie guise, e giunse con diligente dilicatezza a misurarne la quantità (*b*). Gli accademici fiorentini pesando in una bilancia due verghe di metallo, una delle quali era riscaldata, videro innalzarsi questa nella bilancia, e comparire perciò alquanto più leggiera dell'altra fredda. Ma questa sperienza, tuttochè confermata con altra simile dello 'sGravesande, non

Riconosciuta dai moderni.

(a) Diss. tert. *De ignis loco*. (b) *Exper. nova; De flamma ponderabilitate*.

ha avuto da' fisici quella credenza, che si meritano comunemente le altre sperienze di que' diligenti ed avveduti accademici. Il Casati, quantunque poco pratico nell'arte di fare le sperienze, trovò già a queste una giusta eccezione, e poi il maestro di tale arte Muschembroek in più guise ne fece vedere l'insussistenza *(a)*. Ma il Boile or applicando lame, or limature di differenti metalli, or altre materie, or servendosi di fuoco di riverbero, or d'altri, variando, e replicando in guise diverse le sperienze, provò con tanta evidenza l'accrescimento del peso prodotto dal fuoco nelle riscaldate materie, che nessun ragionevole fisico potè rifiutare le sue sperienze, o negarne i risultati. La difficoltà e ripugnanza di dare peso ad un corpo sì leggiero, come da per tutto si mostra il fuoco, fece pensare a molti, che non dallo stesso fuoco, ma dalle eterogenee particole in esso involte potesse derivare ne' corpi riscaldati l'accrescimento di peso. Il du Clos, l'Homberg, e molt'altri per levare anche questo dubbio si valsero del fuoco purissimo de' raggi solari raccolti nello specchio ustorio, e trovarono, che con esso ugualmente accrescevasi il peso nella materia, a cui s'applicava.

Sfera del fuoco.

La supposta leggierezza del fuoco diede argomento d'un' altra opinione, non men comune a tutti gli antichi, dell'esistenza d'una sfera, o d'un sito proprio, e quasi nativo del fuoco nella parte più elevata dell'atmosfera, alla quale questo naturalmente tendesse, e perciò s'innalzasse sopra tutti gli altri corpi. Ma dall'universale credenza di quest'elevatezza della regione del fuoco si passò poi all'opposto a collocarlo nel sito più basso e profondo, o nello stesso centro del globo terracqueo. Il vedere tanti volcani, che dall'interno

Fuoco centrale.

(a) Orat. *De meth. instit. exp.* XX, *Essai de phys.* c. XXVI.

della terra vomitan fuoco, e tante caverne e profondità, donde alle volte spiccano fiamme, ha fatto credere, che vi esista un fuoco sotterraneo, e centrale, di cui sieno que' fenomeni manifeste evaporazioni. Quando, e da chi incominciasse a spargersi quest'opinione, non ardirò di fissarlo. Il Gassendo diceva già al suo tempo essere sentimento comune, e generalmente ricevuto, che siavi sotto terra non sol calore, ma fuoco e fiamma (*a*). Non aderisce egli a quest'opinione, e crede soltanto sparso nel corpo della terra il fuoco, o calore, come lo è ne' corpi animali. Intanto il Casati (*b*), il Kircher (*c*), e molt'altri fisici del passato secolo riconoscevano apertamente un fuoco sotterraneo, e gli assegnavano per sua sede il centro del nostro globo. Ma il trionfo del fuoco centrale era riservato a questo secolo, quando ha avuto per apologisti, e sostenitori non meno che il Mairan, il Buffon, ed il Bailly. Il Mairan non solo ha rinnovata quest'opinione, ma l'ha sostenuta con tante ragioni, ed appoggiatala a sì esatti calcoli, che si può riguardare come il vero suo autore, e l'inventore o padre del fuoco centrale. Il picciolo divario nel calore della state, e dell'inverno, che l'Amontons (*d*) trovò non essere che come 60 a 51 $\frac{1}{2}$, o in ragione di 8 a 7, quando il calore prodotto da' soli raggi solari dovrebbe variare almeno come 66 a 1, la costante ed uguale temperatura nelle profonde escavazioni, e nelle acque del mare, le eccezioni stesse di questa costante uguaglianza, e varj altri fenomeni, ch'egli ingegnosamente sa riferire al suo intento, tutto gli prova il fuoco centrale, e lo rende nelle sue mani stromento efficace, ed attivo cooperatore della natura (*e*). Il sistema della formazione del nostro globo, co-

(a) Tom. II *De globo tell.* cap. VI. (b) Tom. I, diss. IV; e tom. II, diss. I.
(c) *Iter subterr.* (d) *Acad. des Sc.* an. 1702. (e) *Diss. sur la glace* c. XI, XII, XIII.

me di tutti i pianeti, e del suo raffreddamento, conduce necessariamente il Buffon a riconoscere il fuoco centrale, ed egli lo sa adoperare destramente all'ingegnosa spiegazione di molte arcane operazioni della natura (*a*). I calcoli, e le ragioni del Mairan, e del Buffon ricevono nuova forza colle sottili riflessioni, e cogli eruditi ed eloquenti ragionamenti del Bailly (*b*): la mente del leggitore abbagliata da' lampi dell'ingegno, e da' lumi dell'eloquenza di que' tre valenti scrittori, e compresa dal rispetto di nomi sì illustri si lascia condurre da' loro discorsi, e dalla loro autorità, e volentieri s'arrende a riconoscere, ed abbracciare il fuoco centrale, ch'essi con tanto splendore le presentano. Ma quando calmato l'ardore dell'immaginazione si riflette a varj dati non considerati ne' calcoli, e a mille fenomeni o non veduti, o artifiziosamente ommessi, e passati in silenzio da quegli autori, si dilegua la convinzione, si dà luogo a molti dubbj promossi da' fisici posteriori (*c*), e si desidera di vedere più attentamente esaminata la temperatura interna ed esterna del nostro globo, meglio discusse le cagioni, che la producono, e trattata più esattamente questa materia.

Virtù espansiva del fuoco.

Or ritornando alle proprietà del fuoco, il Boerahave prende per la principale e distintiva la dilatazione ed espansione, che in tutti i corpi più o meno produce il fuoco (*d*). Questa era già stata conosciuta da' fisici antecedenti; ma non la considerarono come sì universale, nè pensarono a determinarla con qualch'esattezza. Gli accademici fiorentini provarono con alcune sperienze la rarefazione prodotta dal fuoco nel vetro,

---

(a) *Epoq. de la nat.*, e *Introd. à l'hist. des minér.*

(b) *Lett. sur l'orig. des Sc.* ec., Lett. IX e X.

(c) V. M.r Romé de l'Isle *L'action du feu centr.* ec.; M.r Royon *Le Monde de verre* ec.; *Lett. à M.r le Comte de Buffon* ec. ec.

(d) *Elem. Chem.* tom. I, *De igne*.

e ne' metalli (*a*). Il Boerahave mostrò tale dilatazione in molt'altri corpi solidi, e fluidi, e con replicate e decisive sperienze giunse a fissare alcune leggi intorno agli uni e agli altri. Trovò, che i liquori quanto meno densi, e più leggieri, maggiormente si rarefanno col medesimo fuoco; che i corpi solidi si dilatano secondo tutte le dimensioni della loro grandezza, ed anch'essi secondo la loro densità, o rarità; che l'espansione va crescendo nel corpo al passo, che si riceve in esso più fuoco; ma che quando arriva a certo segno proporzionato a' diversi corpi, per quanto s'accresce il fuoco non più riceve alcun incremento; e così stabilì alcune regole, che non poco lume hanno sparso intorno a questa materia. A maggiore rischiarimento della medesima più assai del Boerahave, e di tutti gli altri ha giovato il Muschembroek. Celebre è lo stromento da lui inventato per misurare con facilità, e con precisione le rarefazioni di varj corpi con più, o meno fuoco, detto perciò *pirometro*; nè si possono lodare abbastanza le sottili vedute, e le sagaci cautele, con cui adoperò il suo pirometro, e si condusse nelle sue sperienze per non deviare dalla più giusta esattezza (*b*). Con questo fino stromento, e colla maestrevole sua destrezza s'applicò intentamente a misurare la rarefazione, che in diversi corpi produce il fuoco, e dopo replicate sperienze verificò in qualche modo, e ridusse alle dovute limitazioni le leggi del Boerahave, determinò i gradi di rarefazione, che ciascuno de' corpi messi a prova riceveva in varj tempi con una, con due, con più fiamme, col calore dell'acqua bollente, e con quello d'alcuni metalli nell'atto di liquefarsi; osservò quali fossero i corpi più pronti a mostrar la dilatazione, quali i più capaci di riceverla maggio-

Pirometro.

(a) *Saggio* ec. part. II. (b) *Tentam. experim.* l. c. *Additam.*

re, quanto vi contribuisse la grossezza, e la figura de' medesimi, e scoprì mille nuove verità, che meritano l'attenzione de' fisici, ma che troppo lungo sarebbe il volerle qui riportare; e noi rimettendo i lettori allo stesso autore parleremo d'altre proprietà del fuoco, che non possiamo passare in silenzio, e queste sono la luce, ed il calore. Gli antichi fisici tutti credevano, che dallo stesso fuoco provenissero la luce e il calore, e masse di fuoco riputavano il sole, e tutte le stelle, perchè le vedevano vibrare raggi di luce. Bacone di Verulamio osservò qualche differenza fra la luce e il calore, quale è, che introdotta in una camera per qualche tempo una fiaccola, o qualunque fuoco, fino dal primo momento comunicherà a tutta la camera il medesimo lume che in tutto il resto del tempo, mentre il calore verrà ognora crescendo, nè ancor ritirando il fuoco si perderà affatto (*a*). L'Hook ricevè in una lente i raggi della luna, e formarono nel loro fuoco una luce vivissima, ma non produssero verun calore sensibile neppure nel termometro: e ciò parimente venne confermato colle sperienze nell'accademia di Parigi (*b*). Ne' fosfori vedevasi il lume, non si sentiva il calore; e così altri fenomeni potevano far temere, che diverso fosse il principio, onde procedevano la luce e il calore. Nondimeno i dotti fisici credevano poter prendere il lume, come dice il Boerahave (*c*), per argomento fermissimo della presenza del fuoco. Ma il Boerahave, facendo rilevare questa ed altre differenze, conchiuse, che v'ha potentissimo fuoco senz'alcun lume, e splendidissimo lume senza calore. I fisici, e i chimici posteriori convengono bensì tutti in trovare notabili differenze tra la luce ed il calore, ma non tutti vogliono rico-

Differenza fra la luce e il calore.

(a) *Nov. org.* lib. II, pag. 343. (b) *Acad. des Sc.* an. 1699. (c) L. c.

noscere diversità nel loro principio, credendo alcuni, che basti diversa modificazione, e che, come dice il Nollet (*a*), il fuoco e la luce considerati nel loro principio facciano una sola e medesima sostanza differentemente modificata. Checchè di ciò sia, tale questione ha dato eccitamento a' chimici, ed a' fisici per riflettere più attentamente su differenti fenomeni della luce e del calore, e questa moltiplice differenza ha fatto meglio conoscere l'uno e l'altra. Il Marat ha raccolti con particolare diligenza tutti i capi di tale differenza (*b*); e il Fontana altresì ha uniti alcuni effetti fra lor diversi, e talvolta anche opposti, non solo della luce e del calore, ma eziandío della fiamma e del flogisto (*c*). Noi non possiamo seguire minutamente ogni cosa, e riguarderemo soltanto alcuni punti particolari per dare una qualche idea degli studj de' fisici in quelle materie. I fosfori sono i corpi, in cui si vuole, che più chiaramente si veda la luce, e non si senta il calore, e meritano pertanto qualche distinta attenzione. Lasciamo il fuoco de' sacerdoti ebrei nella Persia, di cui parla la storia de' Maccabei (*d*), e che alcuni vogliono, che fosse un fosforo: lasciam'altri fosfori, che si pretendono composti dal Fernel, e da altri fisici, ma che non sono abbastanza certi, e venendo a fatti più sicuri ed autentici, prendiamo la prima notizia di questo fenomeno dall'anno 1602, quando il bolognese Vincenzo Casciarolo calcinando una pietra del monte Paterno vicino a Bologna colla speranza di rinvenirvi dell'argento, scoprì, ch'essa aveva la proprietà singolare, ed allora creduta unica, d'essere luminosa nell'oscurità, e trovò il primo e più rinomato fosforo, che si conosca, qual è la famosa *pietra di Bologna*. Seppe ben tosto il

Fosfori.

(a) Lez. XIII. (b) *Rech. phys. sur le feu.*

(c) *Mem. della Soc. Ital.* tom. I. (d) Lib. II, c. I.

Galileo ricavare filosofico vantaggio da questa casuale scoperta; e trovandosi in Roma in una nobile unione di dotti filosofi, decise col fosforo di Bologna la questione allor oscura ed insolvibile, se fosse o no sostanza la luce, che i peripatetici non credevano che accidente (*a*). Fortunio Liceto, il Mentzelio, ed alcuni altri scrissero distesamente la storia di questo fosforo, e la pietra di Bologna fu per molto tempo l'unico fosforo, che conoscessero i fisici. Dopo molti anni il Balduino in un trattato intitolato *Aurum aurae*, riportò alla fine la descrizione d'un fosforo da lui inventato, e chiamato *ermetico*, che ha molta somiglianza colla pietra di Bologna. Nel 1669, secondo il Vogel (*b*), e secondo altri nel 1677, ricercando il Brandt nell'orina la pietra filosofale ritrovò una nuova sorta di fosforo diverso dal bolognese, il quale al solo contatto dell'aria s'infiamma, mentre il bolognese luce soltanto, e non arde mai. Il Brandt vendè a caro prezzo al Crafft il secreto del suo fosforo; ma il Kunkel, cui ne doveva far parte il Crafft, e proditoriamente lo tenne celato, seppe da sè col proprio studio scoprirlo, ed ebbe la gloria, che detto fosforo passasse a' posteri col nome di lui, e venisse chiamato *Fosforo del Kunkel*. Il Boile avendo veduto il fosforo portato in Inghilterra dal Crafft, ed appena soltanto inteso, che questo ricavavasi da una sostanza appartenente al corpo umano, lo seppe formare da sè, e lo partecipò alla R. Società di Londra (*c*). L'Homberg perfezionò il fosforo del Kunkel, e trovò poi il secreto d'amalgamarlo col mercurio, e poscia anche inventò da sè un nuovo fosforo di sale e di calce viva. L'accademia di Parigi fece esaminare da tre dotti socj, l'Hellot, il du Fay, ed il Geofroi, tutte

(a) V. Targioni *Notizie dell'Ingr.* ec. tom. I, pag. 45 e seg.

(b) *Inst. Chem.* (c) *Trans. fil.* an. 1680 n. 96.

le operazioni de' fosfori; e il du Fay nel 1730, e l'Hellot nel 1737 svelarono tutti i misterj, sotto cui avevano sin allora i chimici tenuti coperti i fosfori; e singolarmente il du Fay scoprì molti nuovi corpi fosforici, spiegò molte maniere di farli, e trattò magistralmente tutta questa materia. Ma Bologna, prima patria di que' lucidi corpi, aveva tutto il diritto di volerne essere la principale illustratrice; e il Beccari infatti ha fatte tante osservazioni intorno a' fosfori, ed ha inventato un sì bel modo di farli, ha discoperti tanti nuovi corpi fosforici, ha scritto sì dottamente di tutti, e vi ha tanto lavorato con tanto ingegno, e con tanta felicità, che può giustamente riputarsi il maestro di questo curioso, benchè non troppo interessante, punto di fisica (*a*). I chimici e fisici posteriori hanno seguitato a studiare i fosfori, e singolarmente il Margraff (*b*), e presentemente il Lavoisier (*c*) hanno sparsi su' fosfori molti nuovi e curiosi lumi. I fosfori erano stati soggetti di maraviglia e di divertimento; non si erano mai ridotti a qualche profittevole uso. Recentemente in questi anni il Peila, e il Challant n'hanno saputo formare picciole candelette, che s'accendono da sè stesse, e che possono essere talvolta di qualche utilità (*d*). Prima di levare la mano da' fosfori non sarà fuori del presente argomento il fare menzione del *piroforo* dell'Homberg. Questi maneggiando le feccie umane colla mira di ricavarne un olio atto a fissare il mercurio coll'argento, trovò, che un misto di tale materia e d'alume, ch'egli aveva distillato, quando fu levato fuori dalla ritorta prese fuoco, e continuò ad ardere; e questo

Piroforo.

(a) *De quam plur. phosph. nunc primum detect.*, *Ac. Bon.* tom. II, part. II.
(b) *Acad. de Berl.* 1742, 50.
(c) *Acad. des Sc.* 1777, e *Op. sc. phys. et chym.* tom. I, c. IX.
(d) V. *Opusc. scelti di Milano* tom. V.

misto venne da lui chiamato *piroforo*, e quindi dagli altri *Piroforo dell'Homberg* (*a*). Il giovine Lemery sostituì a quella materia, poco gradevole a trattarsi, il mele, la farina, e lo zucchero, ed ora comunemente col solo zucchero ed alume si lavora il *piroforo*. Anzi il Lejay de Suvigny ha pensato di sostituire all'allume qualunque sale, che contenga dell'acido vetriolico (*b*). Ma tanto basti de' fosfori e de' *pirofori*, e seguitiamo a considerare la luce ed il calore. Noi nel trattare dell'ottica abbiamo brevemente parlato della luce colla ristrettezza, che la copia delle materie permette, ed ora ci asterremo di tenerne ulteriore ragionamento: aggiungeremo soltanto una proprietà della luce, scoperta e provata da' moderni fisici, ed è la sua influenza su tutti i corpi naturali.

Influenza della luce su' corpi naturali.

Nel 1779 ha pubblicate l'Ingenhousz le sue *Sperienze su' vegetabili*, e in esse ha fatto vedere l'influenza, che ha la luce su la produzione dell'aria, che ci forniscono i vegetabili. Lo stesso pensiero volgeva in mente l'instancabile Priestley, quando vide venire alla luce le scoperte dell'Ingenhousz (*c*). Contemporaneamente faceva a questo medesimo oggetto il Senebier molte sperienze; e ripetute poi queste con maggior diligenza, ed accresciute co' lumi dell'Ingenhousz ha pubblicate nel 1782 le sue *Memorie fisico-chimiche su l'influenza della luce solare*, per modificare gli esseri de' tre regni della natura, singolarmente quelli del regno vegetabile. Ma rinnovando ulteriori ricerche, e nuove sperienze ha dati ancor nuovi risultati nel 1783, ed altri eziandío più recenti nel prossimo passato 1788; e benchè lo Scheele, il Bertolet, ed alcuni altri abbiano fatto su questo punto altre osservazioni, il Senebier dovrà essere riguardato come il promotore e mae-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1711. (b) *Mémoir. des Corresp. de l'Acad. des Sc.* vol. III.

(c) *Sper. ed Osserv. su' diff. rami della Fisica* tom. III, sez. I.

stro dell'influenza del lume. Egli è un bel vedere con quanta diligenza e sottigliezza ha saputo dividere gli effetti del calore da que' della semplice luce, e come dimostra ad evidenza quanto influisca la luce negli animali, ne' minerali, e principalmente ne' vegetabili; e noi rimettiamo i lettori alle stesse opere di quel dotto fisico, mentre passiamo a contemplare il calore come una proprietà del fuoco, su cui si sono molto occupati i fisici, e su cui hanno fatte in questi due passati secoli molte curiose osservazioni, ed ingegnose scoperte.

Calore.

Il Verulamio col penetrante suo ingegno propose varie sperienze per trovare su la natura, e su le proprietà del calore, e de' corpi caldi molte verità, ch'egli ama di chiamare *positive* e *negative*, *comparative* ed *esclusive*, e parecchie di queste verità sono già state decise da' fisici posteriori, ed egli stesso ci lasciò molte sottili osservazioni, che possono riguardarsi come i primi lumi su questa materia (*a*). Le scoperte del Newton sopra i colori hanno fatto anche scoprire alcune diversità della comunicazione del caldo ne' corpi diversamente coloriti; e già il Boile aveva osservato, che uno specchio di marmo nero non era capace di far ardere nel suo fuoco un pezzo di legno per quanto lo tenesse per lungo tempo a' raggi del Sole. Il medesimo Boile ha lasciate altresì su l'introduzione, o permeazione del fuoco, e su la propagazione del caldo parecchie nuove, e giustissime osservazioni (*b*). Alcune scoperte sul caldo fece anche alla fine del passato secolo l'Amontons (*c*); altre al principio di questo l'Homberg, il Geofroi, il Réaumur, e parecchj altri. Ma il Boerahave penetrò più intimamente in questa materia, e su la comunicazione del caldo a' corpi di colori diversi, su' corpi, in

(a) *Nov. Org.* lib. II. (b) *Detecta penetr. vitri a pond. part. flammae* al.
(c) *Acad. des Sc.* an. 1699.

cui meglio propagasi, sul calore prodotto cogli specchj, e su varj altri punti propose molte riflessioni, che sono state la maggior parte abbracciate, altre limitate e corrette, e qualcuna anche rigettata da' chimici e da' fisici (*a*). Il Muschembroek (*b*), il Mairan (*c*), il Nollet (*d*), il Buffon (*e*) hanno messo in miglior lume le proprietà del calore conosciute dagli altri fisici, e ne hanno scoperte altre nuove. I moderni fisico-chimici distinguono il calore *latente*, il *sensibile*, e l'*assoluto* o *specifico*, e su ciascuno d'essi hanno fatte parecchie sottili osservazioni. Il Crawford (*f*), lo Scheele (*g*), il Lavoisier (*h*), l'Achard (*i*), ed altri nobili fisici de' nostri dì hanno con nuove osservazioni e sperienze illustrata, e seguitano ad illustrare in varie guise la teoría del calore. Noi diremo soltanto, che al calore, ed alla dilatazione de' corpi da esso prodotta dobbiamo l'invenzione del termometro, come abbiamo detto di sopra, e che il termometro è stato il mezzo quasi unico, con cui s'è potuto conoscere, e determinare con esattezza il calore, e venire in cognizione di molte operazioni della natura. Un'altra ingegnosa e lodevole invenzione seppe ricavare dal medesimo principio l'Amontons. V'erano de' molini d'aria, e de' molini d'acqua, ma non ve n'eran di fuoco. L'Amontons riflettendo alla forza e prontezza, con cui il fuoco opera sopra l'aria, pensò, che col fuoco potea riscaldarsi, e dilatarsi con tal forza l'aria vicina, che bastasse a far girare una ruota colle cassette piene d'acqua, ed equivalesse alla forza almeno di 39 cavalli (*k*).

Macchina di fuoco.

(a) Luogo citato. (b) *Essai de Phys.* tom. I.
(c) *Acad. des Sc.* 1719, e *Diss. sur la glace*. (d) Lez. XIII, e *Ac. des Sc.* an. 1748.
(e) *Introd. à l'Hist. des Minér.* (f) *Sper. ed Osserv. sul calore anim.* ec.
(g) *Sper. ed Osserv. sopra l'aria ed il fuoco*. (h) *Acad. des Sc.* 1777.
(i) *Acad. de Berlin* 1784, 1785, al. (k) *Acad. des Sc.* an. 1669.

D'un'altra macchina da levare l'acqua colla forza del fuoco, immaginata molto prima dal marchese di Worcester, e sposta nelle sue *Centurie d'invenzioni* pubblicate nel 1663, parla lungamente il Desaguliers, e vuole derivare da questa la famosa macchina, che il Savary seppe poi eseguire felicemente, ed applicarla ad asciugare, e diseccare le miniere (*a*). Recentemente il Perrier, profittando ugualmente della forza del fuoco nella dilatazione dell'aria, lavora gloriosamente con una tromba da fuoco d'ingegnosa e utilissima sua invenzione, e provede d'acqua per questo mezzo tutto Parigi colla maggiore facilità. Gl'inglesi Boulton, e Watt, e il fratello del celebre fisico Priestley l'artista Wilkinson fanno uso parimente di questa tromba con incredibile vantaggio per tutte le loro manifatture. E l'azione del calore e del fuoco con tante scoperte, e con tanti stromenti da essa prodotti si rende sempre più interessante alle scienze, alle arti, a tutta la società. Molti mezzi di comunicare il calore, ed anche d'accendere il fuoco sono stati conosciuti dagli antichi e da' moderni, e quasi tutti i fisici, ed i chimici n'hanno più o meno lungamente parlato. Noi lasciando da parte que' degli attritti, dell' effervescenze, e delle fermentazioni, su' quali pur vi sarebbe molto che dire, ne accenneremo uno soltanto, ch'è stato più recentemente scoperto, e che ha recato molto vantaggio alla chimica, e quindi alla fisica, e all'altre scienze. Quest'è de' vetri convessi, i quali hanno prodotti sorprendentissimi effetti, ed hanno prestato comodo a' fisici di contemplare molti corpi naturali in varj aspetti, in cui non li presenta la semplice natura, ed a cui l'arte non li sapeva ridurre. Gli specchj ustorj erano conosciuti, ed anche adoperati a varj usi fin

Specchj ustorj.

(a) *Cours de Phys. exper.* tom. II, pag. 544 e seg.

dall'antichità; ma la chimica poco potea servirsi di essi, nè poteva usarli che per pochissimi effetti. Com'erano specchj concavi, che bruciavano per riflessione, bisognava, che i raggi riflessi s'unissero dal basso in alto, e che in alto fosse il loro foco, e si tenessero rovesciate ed in aria le materie, che gli si volevano esporre: e come queste al risentire l'ardore del fuoco cominciano a fondersi, e cadendo al basso si discostano dal fuoco, ed escono dal centro dell'attività del calore, così si fondevano bensì con simili specchj i metalli, ed altri corpi durissimi, ma poch'altre sperienze se ne potevano fare. Vetri convessi, che bruciassero per rifrazione, avrebbero presentata alle materie da riscaldarsi una più comoda situazione, e si sarebbono prestati a molte e seguíte sperienze. Ma i vetri convessi allor conosciuti non erano che di quattro o cinque pollici al più, ed a' scientifici usi della fisica faceva d'uopo di vetri di due e più piedi di diametro; e per usare tali vetri, oltre la difficoltà di tagliarne di sì grandi, v'era anche quella di fondere una massa di vetro sì smisurata senza che si rompesse o all'uscire dal forno, o al raffreddarsi. Superò queste difficoltà lo Tschirnaus, e lavorò specchj ustorj di vetri convessi di tale grandezza, che avevano due e tre piedi di diametro. Le maraviglie di questi vetri, e gl'incredibili effetti caustici di questi nuovi fornelli fecero grande strepito in tutta l'Europa letteraria, e l'accademia delle scienze di Parigi ne diede replicate descrizioni nella sua storia *(a)*. V'erano fra' fisici molti increduli, che non volevano prestar fede a' raccontati prodigj; ma acquistato dal duca d'Orleans uno di tali vetri, ne fece la pruova il dotto chimico Homberg, e i portentosi effetti riconosciuti da sì grand'

(a) An. 1699, 1700.

uomo riportarono l'universale credenza. Questi diede parte delle sue osservazioni all'accademia delle scienze (*a*); ed essendosi opposto ad una d'esse l'Hartzoeker, gli fece opportuna risposta, e la sostenne vittoriosamente l'Homberg (*b*); e le replicate sperienze di varj altri fisici fecero vedere sempre più ciò che giustamente aveva conchiuso quel dotto chimico, che col mezzo cioè di tali vetri non solo sarebbonsi fatti grandi progressi per ischiarire i principj della chimica, ma che poteva essere quella una porta aperta ad una nuova fisica, come l'erano stati i microscopj, e la macchina pneumatica (*c*). L'Hartzoeker fece un altro specchio di vetro convesso ancor di maggior diametro; altro di forma, e di costruzione diversa n'ha inventato posteriormente il Trudaine; e i vetri convessi hanno utilmente occupati parecchj fisici, e sono stati vantaggiosi stromenti d'importanti scoperte nelle arti e nelle scienze. Lo specchio concavo del Villette, e i varj effetti di questo, e d'altri specchj concavi, diversi in parte da que' de' convessi, come pure gli specchj piani del Buffon, uniti e disposti in guisa da formare un foco lontano con calore assai vivo, ed avverare la possibilità degli effetti degli specchj ustorj d'Archimede, potrebbono darci soggetto di lungo ragionamento: ma come seguire ogni cosa in una materia sì ampia, e sì ricca, quale è il fuoco, di cui dice il Muschembroek (*d*), che non se ne direbbe mai abbastanza, nè si potrebbe mai esaurire? Noi non possiamo nondimeno passare affatto in silenzio le fatiche de' fisici intorno al flogisto, che ha tant'analogía col fuoco, e che è stato sempre creduto un vero fuoco, e chiamato da' chimici or fuoco *elementare*, ora *latente*, or *fisso*, or *combinato*, ora con altri di-

Flogisto.

(a) *Acad. des Sc.* an. 1702. (b) An. 1707.
(c) Ivi an. 1702. (d) Luogo citato.

versi nomi. I moderni chimici hanno incominciato a distinguere il flogisto dal fuoco; e lo Scheele (*a*), il Crawford (*b*), lo Scopoli (*c*), e molt'altri prendono asseverantemente il flogisto come una sostanza singolare, e come un principio differente dal fuoco, e talor anche contrario. Il Fontana ha raccolti diversi capi di distinzione tra la luce, la fiamma, il calore, e il flogisto (*d*); e il Senebier parimente in varie guise paragona, e distingue il flogisto, il fuoco, la fiamma, l'elettricità, e la luce (*e*). Su la natura del flogisto sono molto differenti le opinioni de' fisici, volendolo alcuni un composto di fuoco e di terra, altri una terra infiammabile, altri la luce stessa fissata in un gran numero di composti, ed altri mill'altre cose diverse (*f*). Molte sono altresì le proprietà del flogisto, che i fisici in diverse guise hanno cercato di sviluppare. Il Bergman ha fatte varie sperienze per determinare quanta sia la quantità del flogisto, che in ciascun metallo rinchiudesi (*g*). Lo Stahl (*h*), e molti altri vogliono assegnare per la maggiore affinità del flogisto quella, che ha col sale. Il Beaumé (*i*) la ricerca nella terra selciosa; altri in altre materie. Il flogisto s'estrae dall'aria, e s'introduce nella medesima, e in due diverse maniere agisce su l'aria pura, come ci dicono i fisici aerologici. Dal flogisto si fanno dipendere i colori, e le infinite loro varietà, come dottamente spiega l'Opoix (*k*). Al flogisto attribuiscono i chimici e i fisici moltissime altre proprietà; e d'ogni cosa vorrebbono chiamare cagione, e principio il decantato flogisto. Ma a noi non

---

(a) *Diss. sul fuoco e su l'aria.* (b) *Teor. del fuoco elem.*

(c) *Annot. al Diz. di Chim. del Macquer*. V. *Flogisto*. (d) *Mem. della Soc. Ital.* t. I.

(e) *Mem. phys. chym.* ec. tom. III. (f) V. Scopoli luogo cit.

(g) *Diss. de quant. flogisti in met.* (h) *Exp. et Obs. chym.* (i) *Man. de Chym.*

(k) *Osserv. fisico-chim. su i colori*. V. *Opuscoli scelti di Milano* tom. XXV.

tocca svolgere questi punti, e n'abbiamo forse troppo lungamente parlato; mentre tant'altre materie rimangono da trattare, ed or ci chiama a sè l'acqua, che non ci presenta men abbondante materia che l'aria e il fuoco.

Acqua.

Gli antichi hanno parlato dell'acqua più che dell'aria e del fuoco, ma nè anche su questa han saputo addurre che opinioni, congetture, ed immaginazioni. Talete, il primo fisico della Grecia, volle formare ogni cosa dall'acqua, e ritrovò questa da per tutto nella composizione, e nella risoluzione di tutti i corpi *(a)*. La fluidità e la freddezza sono dagli antichi fisici considerate come proprietà essenziali dell'acqua. Plutarco *(b)* riporta la gran questione, che agitavasi fra gli antichi, qual elemento dovesse chiamarsi il *primo frigido*, e qual fosse il principio d'ogni freddo. Empedocle, e Stratone davano all'acqua questa proprietà; e sebbene gli stoici erano d'opinione diversa, e più per l'aria che per l'acqua pendevano, Plutarco si dichiara anch'egli cogli altri più antichi per l'acqua, e questo sentimento avvalora co' testimonj d'Omero, e d'Esiodo, e chiama a suo favore tutta l'antichità. Un'altra questione intorno all'acqua vediamo nello stesso Plutarco trattata con calore dagli antichi, cioè se il fuoco, ovver l'acqua sia di più comodo ed utile alla società; e questa discussione in apparenza solo economica li faceva esaminare con qualche maggiore attenzione i fisici attributi proprj dell'acqua *(c)*. L'origine del mare, e la salsedine, e le maree delle sue acque hanno fino dal tempo d'Anassimandro, e d'Anassagora occupate le meditazioni de' fisici *(d)*. Noi vediamo in Aristotele, che i fisici a lui anteriori avevano fatte le loro disquisizioni intorno all'origine delle fontane, e n'avevano assegna-

(a) Laert. *in Thalete*; Plut. *De plac. phil.* I. (b) *De primo frigido*.
(c) *Aquane an ignis sit utilior?* (d) Plutarc. *De plac.* lib. III, cap. XVI, XVII.

ta la cagione più ovvia, e più semplice, e la più vera, facendole nascere dalle acque cadute nella terra colle pioggie, nevi, grandini, e rugiade (*a*). Le innondazioni del Nilo, e le particolari proprietà d'alcune fontane, e d'altri fiumi sono state esaminate, e riferite a differenti cagioni da molti antichi filosofi (*b*). Si vede insomma, che l'acqua, e i diversi suoi fenomeni eccitarono la curiosità degli antichi fisici, e chiamarono a sè la loro attenzione. Ma non pertanto come le loro decisioni erano congetture del proprio ingegno, non risultati delle sperienze ed osservazioni, così non ci hanno date che mere opinioni, nè hanno lasciata in questa più che nelle altre parti della fisica alcuna vera scoperta, nè fattovi verun lodevole avanzamento.

Elasticità dell'acqua.

Al principio del passato secolo s'incominciò a contemplare l'acqua con occhi filosofici, e ad esaminarsi cogli opportuni mezzi di diligenti sperienze. La prima proprietà dell'acqua, che in tale guisa sia stata riguardata, è appunto la sua elasticità, alla quale pare, che abbiano posto mente gli antichi, quando cercavano la cagione del saltellare che fa su l'acqua un sassolino gettatovi obbliquamente. Il Verulamio conobbe, che l'acqua non era dotata di grand'elasticità, nè poteva a quel segno comprimersi, a cui giunge la compressione dell'aria; ma credeva non pertanto, che fosse capace di sensibile compressione, e volle farne la pruova; e riempiuto d'acqua un globo di piombo, l'appianò a colpi di martello da due lati, e poi anche lo strinse col torchio, finchè si vide trapelar l'acqua; e calcolando quanto fosse minore lo spazio compreso nella figura formata con tale compressione, di quello ch'era nella sferica, conchiuse, che altrettanta do-

(a) *Meteor.* loc. cit. XIII. (b) Lucrez. lib. VI, Plut. *De plac. phil.* lib. IV, c. I, al.

vesse essere la compressione, di cui era capace l'acqua (*a*). Più evidente comparve tale elasticità nella sperienza del Boile, il quale battuto parimente col martello un simile globo, e foratolo poi con un ago, vide zampillar l'acqua fino all' altezza di due o tre piedi (*b*). Queste sperienze del Verulamio, e del Boile parevano convincenti pruove dell'elasticità dell'acqua; ma venivano distrutte da altre contrarie, ch'erano fatte con più esattezza, e dovevano essere di maggior peso. Gli accademici fiorentini replicarono con maggiore diligenza, e con più sagaci cautele la sperienza del Verulamio, e con altre sperienze più dilicate pel mezzo della pressione dell'aria e del mercurio cercarono di vedere se potesse l'acqua comprimersi; ma per quanto efficaci fossero i mezzi adoperati a tal fine, non mai poterono ottenere dall'acqua il più leggiero indizio di compressione: sebbene non per questo ardirono di negare la possibilità di comprimerla con altri sperimenti (*c*). Ciò negava, non so con quanta ragione, il Maggiotti; e però gli si avventa contra Onorato Fabri, pretendendo di dimostrare l'elasticità dell'acqua col saltare che fa d'un vaso, nel quale, essendo già pieno, siasi artifiziosamente con forza introdotta nuov'acqua (*d*). Così rimaneva incerta e dubbiosa quell'elasticità, finchè il Muschembroek replicando le sperienze, e trovandole conformi a' risultati delle fiorentine, osservando la difficoltà di empiere totalmente d'acqua il globo, come credeva d'aver fatto il Verulamio, rimanendovi sempre molte particelle d'aria rinchiuse, e attribuendo all'elasticità dello stagno, o della materia del vaso gli effetti osservati dal Boile e dal Fabri, levò affatto all'

(a) *Nov. org.* lib. II, §. XLV. (b) *Exper. phys. mech. nov.*

(c) *Saggio* ec. *Esper. intorno alla compr. dell'acqua.*

(d) *Phys. tr. u.* lib. II, *De el.* prop. 217.

acqua ogni sensibile elasticità; e se pur qualche poco talora se n'osserva, volle, che non all'acqua, ma attribuire si dovesse alle particelle dell'aria, che sempre vi restano; e la sua dottrina ha ottenuto da' posteri un assai universale acconsentimento *(a)*. Questa, per così dire, inelasticità dell'acqua pruova la durezza delle sue particole, che viene riputata sì grande dallo stesso Muschembroek, che nulla cede alla durezza del diamante *(b)*. Il Buffon riflette opportunamente alla differenza, che passa fra l'acqua e l'aria nel punto dell'elasticità. L'acqua, che presa in massa non può comprimersi, ed è inelastica, ridotta che sia in picciole parti, o vapori, acquista somma elasticità, dove che l'aria sommamente elastica in massa non l'è più quando sminuzzata in picciole particelle si rinchiude ne' corpi *(c)*. Nè solo dell'elasticità, ma altresì della fluidità è stata l'acqua in qualche modo spogliata da' moderni fisici. La fluidità s'è sempre creduta una proprietà dell'acqua; pure il Mariotte *(d)*, il Nollet *(e)*, ed altri moderni vogliono, che lo stato naturale dell'acqua sia la consistenza e solidità, e che, come tutti gli altri corpi fusibili, diventi soltanto fluida col mezzo del calore: sebbene questo non toglie, che non possa riguardarsi assai giustamente la fluidità come una sua proprietà, e che non venga infatti dagli stessi moderni chiamata fluida. Anzi questi hanno più intimamente esaminata la fluidità dell'acqua, che gli antichi si contentavano di riconoscere senza pensare a farvi ulteriori ricerche. I moderni osservando, che l'acqua al menomo caldo diviene fluida, hanno determinato, che il grado di calore necessario alla vegetazione delle piante basti a mantenere

Fluidità.

(a) *Tentam. exper.* ec. luogo *Additam.* (b) Ivi.
(c) *Intr. à l'Hist. des Min.* part. 1I.
(d) *Des mouv. des eaux* ec. I part., I disc. (e) Lez. xiI.

nell'acqua la fluidità *(a)*: e il Boerahave vuole, che l'acqua al discendere il calore a' 32 gradi del termometro di Farenheit non più si conservi fluida, ma diventi consistente, e si formi in ghiaccio *(b)*. Riguardo alla stessa fluidità osservò il Newton *(c)*, che il pendolo con uguale velocità oscillava nell'acqua per quanto calda o fredda essa fosse, e da questa sperienza conchiude il Boerahave *(d)*, che l'acqua conserva sempre la medesima fluidità, nè si accresce questa quantunque aumenti il calore dallo scioglimento del ghiaccio fino all'ebollizione. Ma il Nollet *(e)* giudiziosamente s'oppone al Newton, ed al Boerahave, e supponendo con tutti i fisici, che l'acqua calda diviene assai più fluida che quando è fredda, giustamente pretende, che dalla stessa sperienza del Newton deggia didursi l'opposto di ciò, che crede il Boerahave, e provarsi nell'acqua calda maggiore fluidità. Imperciocchè la materia qualunque si fosse del pendolo doveva dilatarsi col caldo, ed occupare spazio maggiore; onde se uguali erano le oscillazioni del pendolo nell'acqua calda e nella fredda, segno è, che maggiore era nella calda la fluidità, dove un maggiore volume oscillava con uguale facilità. L'acqua, che pare un corpo sì debole, e molle, s'è trovato avere delle forze, che non erano da immaginarsi. Un cuneo introdotto in un macigno, e rafforzato coll'acqua, una corda bagnata, ed altri corpi ajutati colla forza dell'acqua fanno effetti, che da questa unicamente dipendono, e sono sì smisurati, e superiori ad ogni intelligenza, che non hanno ancora saputo i fisici trovarne la ragione, tuttochè sia stata ricercata dal la Hire, e da altri matematici, e fisici. Il Boerahave con ripetute sperienze ha ridotti in classi i corpi, che sempre, e con

Forze dell' acqua.

(a) V. Macquer *Dict. de Chym.* (b) *Elem. Chem.*
(c) *Opt.* quest. XXVIII. (d) Luogo citato. (e) Lez. XI.

qualunque grado di calore, che si dia all'acqua, vengono da questa disciolti, e fa in essa vedere la forza solutiva de' sali, de' corpi salini, de' terrei, de' sulfurei, qualor sono uniti agli alcali. Varie altre forze hanno trovato i fisici nell'acqua nello stato suo naturale; ma diventa infinitamente maggiore la sua efficacia, se viene ridotta in vapori. Gli antichi conobbero già quest'attività de' vapori, e l'invenzione dell'eolipila, e gli effetti, che ottennero colla medesima, provano quanta cognizione avessero della forza dell'acqua in quello stato ridotta. Il Papin verso la fine del passato secolo inventò una macchina chiamata *il digestore*, dove senz'altra forza che quella di detti vapori rinserrati in una marmitta giungeva a disciogliere, e ad ammollire i legni, l'avorio, e i più duri corpi, e ridurre in molle pasta, e in una spezie di gelatina gli ossi, e ad operare portentosi ed utili effetti *(a)*; effetti, che il Nollet giustamente lamentasi, che sieno rimasti abbandonati, e negletti, mentre potevano essere tanto giovevoli alle scienze, ed alla società *(b)*. Colla forza di tali vapori si sono fatte muovere grandi macchine, come sopra abbiam detto, agire bombe, e formare fontane; ed è sì grande, e potente questa forza, che viene riputata superiore a quella della polvere da cannone. Il Muschembroek n'ha voluto fare la pruova, e fissarne un accertato paragone, e dopo replicate sperienze ha ritrovato, che con tredici grani d'acqua ridotta in vapori faceva saltare in alto un peso undici volte maggiore di quello, che aveva levato alla medesima altezza con altrettanti grani di polve da fuoco *(c)*; e questa forza de' vapori, come osserva il medesimo Muschembroek *(d)*, è più o meno gagliarda, secondo che l'acqua è più o meno

Forza de' vapori.

(a) *La maniere d'amollir les Os* ec. (c) Lez. XII.

(c) *Ess. de Phys.* tom. I, *De l'eau*. (d) Ivi.

calda, ed agirà con una violenza quattro e più volte maggiore, se si darà all'acqua un calore maggiore di quello che si richiede a farla bollire. Il peso dell'acqua non è stato mai messo in dubbio, ed anzi Aristotele, e gli altri fisici l'hanno apertamente asserito; ma il determinarlo, il fissarlo, il paragonarlo con quello d'altri corpi, lo stabilirlo in giusta misura non è stato tentato che da' moderni. Il Boile credeva, che tutte le acque fossero a un dipresso del medesimo peso. Ma questa sua opinione è stata contraddetta da tutti i fisici, i quali non solo hanno trovate di peso diverso alcune acque di siti lontani, ma spesso anche in un medesimo luogo si sentono acque assai differenti nella gravità. Lo stesso Boile fa menzione d'un fiume, la cui acqua pesa un quarto di meno che la comune dell'Inghilterra *(a)*. Per determinare dunque quale sia la gravità specifica dell'acqua si prende comunemente l'acqua piovana, o quella che fondesi dalle nevi, od altra che sia d'uguale peso, e questa fu trovata nella reale Società di Londra paragonata coll'oro come 4909 a 250, o 19 $\frac{150}{250}$ ad 1, che viene ad essere quasi 20 ad 1. Il Muschembroek *(b)*, il Nollet *(c)*, ed alcuni altri hanno date tavole delle diverse gravità specifiche de' corpi, sì fluidi, che solidi; ma recentemente il Brisson più pienamente ha illustrata questa materia in un'opera tutta impiegata in esaminare generalmente la gravità specifica de' corpi, ch'è il risultato di cinque a sei mila sperienze fatte per più di 20 anni su più di mille sostanze *(d)*. Così tutte le proprietà dell'acqua hanno meritato lo studio, e le speculazioni de' moderni fisici; ma tre sembrano avere più particolarmente chiamata la

Peso dell' acqua.

(a) *De usu phil. exper.* par. II.
(b) *Ess. de Phys.* tom. I. (c) Lez. VIII.
(d) *Pésanteur spécifique des corps* ec.

loro attenzione, l'evaporazione cioè, l'ebollizione, e l'agghiacciamento.

Evaporazione.

Il fuoco, o il calore introdotto nell'acqua produce l'evaporazione e l'ebollimento: la mancanza del medesimo fuoco basta a formare la congelazione. Quando il calore dell'acqua è maggiore di quello dell'aria, che la contorna, il fuoco, che si sprigiona dall'acqua, trae seco le particelle della superficie, che trova esposte al suo urto, e queste particelle distaccate dalla massa dell'acqua, ed assorbite nell'aria sono que' che chiamiamo *vapori*. Quindi l'evaporazione dell'acqua ha relazione col calore della medesima. Il Verulamio fece già qualche speculazione su questa evaporazione: osservò, che l'acqua de' fiumi evapora meno che quella de' laghi; e meno altresì l'acqua che abbia bollito di quella che non sia mai venuta in quel grado di caldo. Varie sperienze ed osservazioni hanno fatto scorgere a' fisici, che l'acqua esala maggiormente quanto più è pura e sincera, e al contrario è più lenta e difficile ad evaporare quanto più mischiata viene di sali e bitumi. L'Allejo volle provare quanta fosse l'evaporazione dell'acqua, che sia salata quanto la marina, e trovò, che in un vaso cilindrico di 7 pollici $\frac{8}{10}$ di diametro, e di 4 pollici di profondità l'acqua salata in un calore, quale suol essere nell'estate, esalò in un giorno 6 oncie, che può riputarsi $\frac{1}{5}$ di pollice dell'altezza del vaso (*a*). L'Aller presidente alle saline degli Svizzeri fece per molt'anni lunghe osservazioni su la formazione de' sali, e su l'evaporazione delle acque, e ne diede parte all'accademia delle Scienze di Parigi (*b*). Egli mostrò essere maggiore l'evaporazione ottenuta col calore del fuoco, che con quello del sole; maggio-

(a) *Trans. phil.* n. 189. (b) An. 1758, 64.

re nell'acqua naturale che nella salata, e tanto minore in questa quanto è più salata, minore quella del mare di quella de' laghi in parità di ragioni, ed insegnò varie altre utili e pratiche verità, formò tavole delle diverse evaporazioni in tempi, e in circostanze diverse, e molt'importanti lumi sparre su questo punto di fisica, che possono interessare eziandío la pubblica economía (*a*). Come l'esalazione si forma delle particelle dell'acqua esposta a' raggi del sole, o all'esterna impressione del caldo, sembra, che i vapori debbano soltanto essere proporzionati alla superficie. Ma il Muschembroek ne fece attentamente la sperienza, ed ebbe risultati affatto contrarj. Perciò che di due vasi d'uguale lunghezza e larghezza, ma di diversa profondità, doppia l'una dell'altra, osservò, che il più profondo in tutti i giorni costantemente per varj mesi svaporava più dell'altro, e benchè non potè fissarne precisamente la differenza, gli parve nondimeno, che potessero essere i cubi delle quantità svaporate come l'altezza dell'acqua. Ma questo gli accade nell'aria aperta, mentre nel suo museo non potè mai osservarvi notabile differenza (*b*). La maggiore evaporazione nell'aria aperta che nella chiusa è stata provata con altre sperienze. L'Allejo dice, che l'acqua in un luogo chiuso, dove non tocca sole, nè vento, in tutto il corso d'un anno non esala che all'altezza d'otto pollici (*c*). Il Boerahave all'incontro nell'aria aperta osservò, che un vaso cilindrico in breve tempo svaporò tutta l'acqua, e riferisce l'osservazione del Kruquio, che raccogliendo in un anno tutta l'acqua di pioggia, di neve, di grandine, e di rugiada, trovò, che si levava all'altezza in circa di 30 pollici, e che altrettanta gravità d'acqua esalava da' vasi nell'

(a) *Acad. des Sc.* an. 1764. (b) *Tentam. exper.* ec. part. II, pag. 62.
(c) *Trans. phil.* l. c.

aria aperta, benchè in luogo ombroso e quieto (*a*). La diversità dell'evaporazione in arie diverse provava l'influenza dell'aria in quell'operazione della natura, e credevasi comunemente, che l'evaporazione non mai seguisse nel vuoto, ma sempre all'aria, e ne' vasi aperti. Ma l'Eller (*b*) provò con varie sperienze, che si vede anche nel vuoto seguire lo stesso effetto. Recentemente il de Luc ha fatte nuove e sottili osservazioni sopra i vapori, e nuovi lumi n'ha saputo ritrarre per la meteorología, e per altri punti di fisica (*c*). Noi abbiamo qualche poco accennato della forza ed attività de' vapori, e potremmo dirne assai più, e riportare varie altre osservazioni de' fisici intorno all'evaporazione, se non cel vietasse la copia delle materie, che rimangono da trattare.

Ebollizione. L'ebollimento dell'acqua ha molta relazione coll'evaporazione, ed ha dato parimente campo a molte curiose investigazioni. L'acqua, come tutti gli altri corpi, si rarefà, e dilatasi col calore, e, come osserva l'Allejo, dal freddo della congelazione fino al caldo dell'ebollimento si spande $\frac{1}{26}$ del suo volume (*d*), e quando arriva a questo stato vedesi una continua agitazione delle parti, che s'innalzano, e ricadono sopra sè stesse, e così allora si forma l'ebollizione. Questo fenomeno dell'acqua e degli altri fluidi è tanto ovvio e comune, che per la stessa sua trivialità, e per la nostra abitudine di vederlo ogni momento, non aveva eccitata la curiosità de' filosofi. Sembrava al primo sguardo, che l'aria rinchiusa entro le parti dell' acqua dilatandosi col calore facesse innalzare l'acqua prendendo forma di bolle, e poi allo sprigionarsi dalla medesima, questa ricadesse in sè stessa; e i fisici senza entrare in ulteriori disquisizioni crederono, che potesse perciò dall'aria

(a) *Elem. Chem.*, *De aqua*.
(b) *Acad. de Berlin* 1746.
(c) *Idées sur la météor.*
(d) *Trans. phil.* n. 197.

ripetersi la cagione dell'ebollizione, nè vi fu alcuno, che pensasse a farne più attento esame. Venne finalmente il sagace Nollet, e incominciò a dubitare, che potesse l'aria produrre un simile effetto. Calcolò coll'Ales, e colle sue proprie sperienze la quantità d'aria, che ascondesi negl'interstizj dell'acqua, e coll'Amontons l'accrescimento di volume, che l'aria riceve col calore dell'ebollimento; osservò i movimenti dell' acqua, o d'un liquore, che bolle senza cessare fino alla perfetta evaporazione; conchiuse quindi non potere provenire dall'aria l'ebollimento; e con varie sperienze del termometro, e dell'eolipila dimostrò questa verità. Questa scoperta lo stimolò vivamente a fare nuove ricerche, nè potè rimanersi di contemplare più attentamente con varie sperienze tutte le circostanze di questo fenomeno, e d'investigarne con maggiore diligenza la vera cagione; e dopo lungo tempo d'osservazioni e d'esami, nel 1748 fece parte all'accademia di Parigi, e al pubblico letterario de' nuovi suoi ritrovati. Messa l'acqua a differenti gradi di caldo osservò la figura, la quantità, i movimenti, e tutti i fenomeni delle bolle, che si levavano nella medesima; ed erano da vedere poche, e picciole bolle andarsi formando in altre più grandi, e più copiose, crescere poi in grandezza, e scemare in numero, salire alla superficie, e creparvi, comparire poi minuti fili, o come raggi del fluido, slanciarsi picciole lingue trasparenti di due linee in circa d'altezza dalla base alla punta, e mille altri curiosi accidenti succedere, che possono rendere un vago spettacolo di quell' operazione della natura, sì semplice in apparenza. Esaminò questa non sol nell'acqua, ma in altre differenti materie; ed oltre molte particolari circostanze, che in esse comparvero, trovò, che le materie viscose s'innalzano più nel bollire, che le grasse sono più tarde, e più difficili all'ebollimento; e ge-

Nollet.

neralmente che le materie, che hanno più disposizione a svaporare, sono anche più facili, ed abbisognano di caldo minore per bollire. Venendo poi all'oggetto delle ricerche, che è la cagione dell'ebollimento, egli la ripone con fondata probabilità non nell'aria, che sprigionasi dall'acqua, o dal liquore, ma ne' vapori eccitati dal fuoco, che ad essi s'accoppia per formare un fluido incomparabilmente più dilatabile che la stessa acqua; questi vapori, o questo fluido più leggiero si solleva, ed esce alla superficie, e poi si scioglie nell'aria, e così formasi l'ebollizione *(a)*. Infinite sono le novità, che queste ricerche fecero scoprire al Nollet non solo nella teoría dell'ebollimento, ma in varj altri punti, che possono interessare la curiosità de' filosofi. Noi lasciandole tutte da parte finiremo col presentare una sua congettura, che ha dato campo a nuove scoperte. Credevano li fisici, che il calore dell'acqua bollente fosse un calore costante, che non potesse alterarsi; perchè infatti quando l'acqua riceve un calore da farla bollire, non è più capace d'altro maggiore. Ma il Farenheit osservò per caso, che l'acqua abbisogna di caldo maggiore per venire in bollore quando è più pesante la colonna atmosferica, che le sovrasta. Il Thury, ed il Monnier ne vollero far la sperienza, e ritrovarono infatti, che assai più presto, e con minor fuoco seguiva l'ebollimento dell'acqua negli alti monti, dov'è minore la pressione dell'atmosfera, che ne' siti bassi, dov'è maggiore; ed erasi già anteriormente osservato, che più facile, e pronta si fa l'ebollizione nel vuoto che all'aria aperta. Quindi passò a conchiudere il Nollet, che non solo la pressione dell'aria, ma qualunque altro ostacolo, che impedisce, o trattiene l'espansione de' va-

(a) *Acad. des Sc.* an. 1748.

pori, ritarda l'ebollizione, e fa accrescere nell'acqua il calore, e che possono per questo mezzo procurarsi gradi di caldo fissi assai più che non se ne conoscono, ritardando il bollore dell'acqua o col far nascere qualche maggiore compressione su la superficie, o col mescolarvi qualch'altra materia, che la renda meno facile all'evaporazione. Quest'idea è stata poi accolta, e ampliata, e ridotta ad evidenza in quest' anni dall'Achard, benchè egli per nulla rammenti il nome del suo autore Nollet. L'Achard, che particolarissimo studio ha fatto su la dilatazione de' fluidi diversi per diversi, e conosciuti gradi di caldo, e perfino a 44 fluidi ha messi a pruova a quest'oggetto, aveva fatte replicate volte più e più sperienze per provare la stabilità del calore nell'acqua bollente, quando la pressione dell'atmosfera è la medesima; ma s'è poi accorto, che l'aggiunta di altre sostanze, anche di quelle, che non si sciolgon nell'acqua, fa variare il calore più o meno secondo la natura, e secondo la quantità delle aggiunte sostanze; e fatte a questo fine molte sperienze, viene a darne assai giuste determinazioni, e ne presenta distese tavole *(a)*. Anzi ha poi ritrovate parecchie altre circostanze, che fanno variare il grado di caldo, che mette l'acqua in bollore, e conchiude per varj capi non potersi prendere esattamente come un termine fisso il calore dell'acqua bollente *(b)*.

Achard.

Per cagione contraria di quella dell'ebollimento, e dell'evaporazione nasce nell'acqua, ed in altri fluidi l'agghiacciamento. I fenomeni del diaccio sono in realtà portentosi, e meritano la più seria attenzione de' filosofi. Non potevano quelli sfuggire l'osservazione degli antichi; ma questi troppo amanti di speculazioni, e di recondite disquisizioni cercavano

Congelazione.

(a) *Acad. de Berlin* an. 1784. (b) Ivi an. 1785.

più le sottili teoríe che le semplici osservazioni, e disputavano se il freddo dovesse credersi una cosa positiva, ovver solo negativa *(a)*; se i cristalli di rocca, e le gemme fossero acqua congelata entro le terre e le pietre *(b)*, e su altre recondite verità; non contemplavano con occhi filosofici gli ovvj fenomeni, non esaminavano con attenzione i chiari, e sensibili accidenti di quest'operazione della natura. Il Galileo fu il primo a riflettere, che il ghiaccio si tiene a galla su l'acqua, e che l'acqua ridotta in ghiaccio occupa spazio maggiore che nella sua naturale fluidità, e ch'era pertanto un errore il credere il diaccio acqua condensata, mentr'era all'opposto acqua rarefatta *(c)*. Gli accademici fiorentini non solo confermarono queste osservazioni, ma passarono eziandío a determinare quanto crescesse di volume, e quanto altresì scemasse di peso l'acqua agghiacciata; e trovarono con replicate sperienze, che il volume dell'acqua naturale è a quello del diaccio come 8 a 9; e il peso all'opposto si può dire reciprocamente altrettanto, mentre pesando il diaccio 25, un uguale volume d'acqua pesa 28 $\frac{1}{19}$ *(d)*. Non contenti di queste scoperte passarono ad altre sottili investigazioni. Vedevasi rarefare, e dilatar l'acqua nell'agghiacciamento, ma non sapevasi quanta fosse la sua forza per superare gli ostacoli della sua dilatazione. Gli accademici fiorentini con molte e varie sperienze trovarono, che tale forza rompe sfere ed altri vasi non sol di vetro, ma d'argento, d'oro, e d'ogni più duro metallo, e muove ed innalza pesi grandissimi per ottenere la dovuta sua rarefazione; ma riflettendo alla disuguale coerenza del metallo, ed a varie altre estrinseche circostanze, che rendono difficile una giusta e precisa determinazione di tale

Accademici fiorentini.

(a) Plutarc. *De primo frig.* (b) Plato *in Tim.*

(c) *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* ec. (d) *Saggio* ec. part. I.

forza, ebbero l'accortezza di non venire alla decisione. Il Boile provò dipoi con una artifiziale congelazione, che l'acqua innalzava un peso di libbre 74; ma le sperienze de' fiorentini indicavano forze di levare pesi molto maggiori. L'Ugenio, il Buot, ed altri hanno fatto fendere, e romper cannoni di ferro, e i corpi più duri, e più consistenti colla forza del diaccio (a); e le sperienze de' fiorentini, che hanno dato eccitamento a queste ed a molt'altre curiose osservazioni, ci hanno fatto conoscere questa portentosa, ed a primo aspetto incredibile virtù dell'acqua diacciata. I movimenti dell'acqua, e gli accidenti diversi in quella de' fonti, ed in altre acque, ed in altri liquori, le differenze del ghiaccio naturale e dell' artifiziale, la diversità nelle materie de' vasi, che contengono l'acqua da agghiacciare, e gli andamenti tutti, le operazioni, e gli effetti del ghiaccio nel formarsi, e nel conservarsi, tutto venne osservato da que' dotti accademici con una diligenza e sagacità, che dava sommo peso alle loro osservazioni, che le rendeva, al giudizio del Mairan, le più seguíte, e ben particolarizzate, che ancor al suo tempo vi fossero in questa parte (b), e che può servire d'esempio anche a' più dilicati e difficili fisici de' nostri dì (c). Il Boerahave (d), il Muschembroek (e), e molt'altri fisici hanno fatto diligente studio sul ghiaccio, e ci hanno date molte nuove osservazioni, e molte curiose notizie su questa materia; ma d'uopo è, che tutti i fisici cedano in questo punto il primato al diligente fisico e sublime matematico Mairan, il quale ha presa questa materia in tutta la sua ampiezza e vastità. Quanto non è fecondo di belle scoperte il più semplice lavoro della natura, quando cade avanti gli occhi d'un dotto osservatore!

Mairan.

(a) V. Du Hamel *Hist. Acad. reg* lib. I. (b) *Diss. sur la glace* part. II, sez. I.
(c) L. c. (d) *Elem. Chem.* tom. I. (e) *Tentam.* ec. l. c. Addit. *Ess de phys.* c. XXV.

Il ghiaccio non è pel Mairan un poco d'acqua congelata entro un vaso, e sottoposta agli sguardi curiosi de' fisici speculatori: nelle sue mani veste varie relazioni con tutti i corpi della terra, e diviene un fenomeno, che abbraccia in qualche modo tutto il sistema dell'universo. Il sole, i fuochi sotterranei, i venti, i sali, e tutti gli esseri naturali sembrano legati col ghiaccio; e il Mairan ci presenta le relazioni, che fra essi e il ghiaccio s'incontrano, e la parte, e l'influenza, che tutti hanno in questa operazione della natura. Egli percorre l'Armenia, la Cina, e tutte le regioni terrestri, entra nelle grotte, s'immerge ne' fiumi e ne' mari, si profonda sotterra, e da per tutto ritrova squisite cognizioni per meglio illustrare la teoría del ghiaccio. Esamina attentamente la congelazione, e per così dire la sgelazione, contempla tutte le acque, e le peculiari loro circostanze risguardanti questo proposito, segue minutamente tutti gli andamenti della natura ne' principj, ed in tutto il corso della formazione del ghiaccio, ne sottopone al suo scrutinio le più picciole particelle, e fa una rigorosa anatomía di questo corpo, in apparenza sì semplice e chiaro, e nondimeno da nessuno prima di lui ben veduto. I fili che vi si formano, le figure che ne risultano, le bolle d'aria che unisconsi, il volume che aumenta, tutto si mostra a' fisici e geometrici suoi sguardi, tutto cede alla penetrazione del suo ingegno. Il diaccio, contemplato, e maneggiato maestrevolmente dal Mairan, è un chiaro e fedele specchio, dove tutti i corpi naturali si danno a vedere, e dove tutta quanta la natura studiatamente si rappresenta; e la sua dissertazione sul ghiaccio, benchè non offra nel titolo un'opera molto importante, è un prezioso libro, ricchissimo d'utili verità, e fecondo di curiose scoperte. Dopo avere parlato del Mairan sembra, che sia già detto

tutto in materia di ghiaccio, nè possa esservi luogo a rammentar verun altro autore. Ma la celebrità de' nomi dell'Ales, e del Nollet ci obbliga ad accennare la disputa, che occupò lo studio d'entrambi su la formazione del ghiaccio peculiare de' fiumi. L'acqua stagnante, l'acqua de' vasi, l'acqua de' laghi, e generalmente l'acqua in ogni situazione incomincia a gelarsi nella superficie anzichè nel fondo, e comunemente alle sponde prima che al mezzo: dell'acqua sola de' fiumi ciò mettevasi in dubbio, od anzi da molti negavasi apertamente. I mugnai, i barcaiuoli, i pescatori, e quanti usano ne' fiumi credono, che il ghiaccio prima si formi nel fondo, e si levi quindi alla superficie; e l'unanime consentimento di tali persone, e il testimonio del dotto Plot determinarono nel 1730 il gran fisico Ales ad esaminare la verità di questo singolar fatto. Per due inverni si trasportò sul Tamigi, ed osservò sotto uno strato di ghiaccio alla superficie di $\frac{1}{3}$ di pollice altro più grosso d'$\frac{1}{2}$ di pollice, ma più spugnoso, e men sodo, pieno di terra, di sabbia, e d'altre materie, e conchiuse, che nel fondo de' fiumi si formi il ghiaccio, che sale poi in alto, e s'attacca a quello della superficie (*a*). Per quanto rispettabile sia l'autorità del sagace Ales, il Nollet non volle arrendersi al suo giudizio, e credere buonamente un fatto sì contrario alle leggi della vera fisica. Esaminò col termometro il calore dell'acqua vicina al fondo, e non la trovò mai fredda al grado di congelazione; mentre il ghiaccio della superficie era di 2, 3, ed anche 6, ed 8 pollici di grossezza; osservò la natura del fondo, e quella della terra, e delle materie appiccate al ghiaccio, e da queste, e da altre osservazioni decise, che non poteva venire il ghiac-

Ales e Nollet.

(a) *Stat. des veget.* Append.

cio dal fondo alla superficie, e provò con altre sperienze, che questi strati inferiori, o pezzi di ghiaccio attaccati a quello della superficie discendano dalle parti superiori del fiume distaccati dalle sponde, e trasportati dalla corrente. Alle quali giuste conclusioni unì tant'altre nuove osservazioni, che dal fumo d'un errore popolare ricavò il lume di molte belle verità. Anche presentemente dopo tanti celebri fisici vediamo occuparsi il Blagden intorno al ghiaccio, e dare alla reale Società di Londra varie sue nuove osservazioni su le diverse sostanze, che affrettano, o ritardano la congelazione dell'acqua (*a*), e molt'altri fisici studiare nuove sperienze, e nuovi mezzi per illustrare questa materia.

Origine delle fontane.

Se il ghiaccio s'è tanto meritato lo studio de' fisici, non è da maravigliare, che l'origine delle fontane, argomento più curioso, e più anticamente trattato, abbia impegnato la loro attenzione. Aristotele fa menzione dell'opinione d'alcuni fisici antichi, i quali dalle pioggie ripetevano l'origine delle fontane e de' fiumi (*b*). Rifiuta egli quest'opinione, e ne propone una sua, cioè che l'aria impregnata di vapori entro le concavità delle montagne si sciolga in acqua, e da quest' acqua scaturiscano le fontane (*c*). Seneca (*d*) ci dà un ragguaglio delle diverse opinioni de' greci su questo proposito, e noi a lui rimettendo i curiosi lettori rammentiamo soltanto il sentimento di quelli, che supponevano essere sotterra parecchj idrofilacj, da' quali per occulti andirivieni e canali facevano girare l'acqua per isboccare da' fonti, ed unendosi in fiumi ritornare nel mare. Questa sentenza acquistò dalle mani del Cartesio maggior apparenza di verità, volendo egli, che si levasse in forza del calore sotterraneo l'acqua in va-

Cartesio.

(a) *Trans. phil.* vol. LXXVIII. (b) *Meteor.* lib. I, c. 13.
(c) Ibid. (d) *Quaest. nat.* lib. III.

pori, e questi poi addiacciati s'unissero, e formassero un corpo d'acqua, che non potendo più venire al basso per gli angusti meati per dove erano ascesi i vapori, sboccasse per le fontane (*a*). Non bastò l'autorità del Cartesio per far abbracciare da' più accorti fisici francesi questa celebrata dottrina? Il Mariotte (*b*), il Perrault, il la Hire (*c*), ed altri diligenti osservatori non vollero riconoscere altra origine de' fonti e de' fiumi che le pioggie, le nevi, la grandine, e la rugiada. Ciò avevano già pensato que' greci antichi da Aristotele rifiutati; ma questi accademici francesi la dimostrarono colle sperienze, e co' calcoli. Il Mariotte (*d*) fa varie osservazioni su la natura de' monti, su' siti delle fontane, su' laghi, e su l'altre circostanze, che possono dare indizio di tale origine, e trova cospirare tutto a farla derivare dalle acque piovane. E siccome incredibile sembrava a molti, che le pioggie e le nevi potessero prestare acqua bastante per tanti e sì ricchi fiumi; così egli con singolare diligenza esaminata la quantità d'acqua, che sbocca da' fiumi, e quella che viene dalle pioggie, determinò con rigoroso calcolo, che ancor quando un terzo dell'acqua piovana si levasse in vapori immediatamente dopo la pioggia, e che un altro terzo si ritenesse ne' luoghi sotterranei, e nelle parti superficiali per conservarle umide, quali si vedono comunemente, e che solo il terzo restante scolasse pe' piccioli condotti per formar le fontane, ve ne sarebbe abbastanza per le fontane e pe' fiumi. L'Allejo calcolò l'acqua, che ogni giorno si leva dal mare in vapori, e quella ch'entra nel medesimo mare da' fiumi, e mostrò essere in molto maggiore copia quella di questa (*e*);

La Hire.

Mariotte.

Allejo.

(a) *Princip.* part. IV. (b) *Traité du mouv. des eaux* sec. disc.; *De l'orig. des font.*
(c) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1703. (d) L. c.
(e) *Trans. phil.* an. 1692.

anzi provò, come dice il Clerc (*a*), che in un giorno di state svaporino dal Mediterraneo 5280 milioni di botti d'acqua, mentre ordinariamente ogni giorno non n'entrano che 1827 milioni; e sebbene la maggior porzione di quell'acqua ricade altra volta nel mare in rugiada ed in pioggia, ne rimane nondimeno piucchè abbastanza per conservare i fonti ed i fiumi. Il Vallisnieri, tuttochè pienamente persuaso della verità di quest'opinione, e convinto dalla giustezza delle ragioni e de' calcoli de' suoi autori, volle nondimeno chiarirsene da sè stesso, consultare i monti, le loro pendíci, e le loro falde, cogliere nella lor origine gli stessi fonti, e toccare con mano la verità: gli strati de' monti, la condizione de' terreni, i siti delle fontane, tutto gli faceva vedere cogli occhi, non col pensiero, com'egli dice, che non con fornelli e con lambicchi, non con sotterranei arcani, e con misteriose operazioni, ma colle pioggie e colle nevi fa la natura zampillare i fonti, e scorrere i fiumi (*b*). Le moltiplici osservazioni meteorologiche, che in questo secolo si sono da per tutto istituite colla maggior diligenza, hanno sempre più confermato, che le acque delle pioggie e delle nevi superano di non poco quelle, che i fiumi trasmettono nel mare, ed hanno reso più sicura, e più universale quest'opinione dell'origine delle fontane. Questa quistione, tanto dibattuta dagli antichi e da' moderni non è che una teorica speculazione, e con tutta la forza delle osservazioni e delle ragioni, con cui hanno cercato i moderni di ridurla all'evidenza della dimostrazione, non ha potuto uscire da' termini d'una fondatissima, e ragionevolissima opinione. La questione della salsedine del mare, che ha impegnati gli antichi filosofi in discet-

Vallisnieri.

Salsedine dell' acqua del mare.

(a) *Phys.* lib. II, c. VII e VIII.

(b) *Dell'orig. delle fontane, lez. accad., ed annotazioni.*

tazioni speculative, hà eccitati i moderni non solo a teoriche, ma a pratiche ed utili investigazioni. Già fino da' principj della fisica greca s'occuparono i primi filosofi nella contemplazione dell'acqua del mare, e nella ricerca delle cagioni della loro salsedine, e Plutarco ci riporta le opinioni diverse, che su questo punto inventarono Anassimandro, Anassagora, Empedocle, Antifonte, e Metrodoro (*a*). Platone (*b*) ci ha proposta altra opinione, altra Aristotele (*c*), altre altri filosofi. I sentimenti di quelli non sono che mere immaginani d'oziosi speculativi senza veruna sperienza, nè fondata osservazione; e noi contenti di aver mostrato quanto studiassero su questo punto gli antichi, rimettiamo a' citati autori chi voglia sapere distintamente i loro sentimenti. Nè meglio si sono opposti i moderni nell'assegnare la cagione di quella salsedine; ma sono nondimeno le loro ricerche riuscite più utili per le osservazioni, che ci hanno prodotte. Oltre l'acqua del mare sono molt'altre acque salse ne' laghi, ne' pozzi, ne' fonti; ma la salsedine di queste, che si vede assai chiaramente derivare dalle miniere, e dalle terre saline per dove passano, è diversa da quella del mare, che unita alle materie credute da molti bituminose, alle vegetabili, alle animali, e ad altre materie forma un'acqua, che l'arte non può imitare. L'acqua quanto è più calda, tanto maggior porzione di sale discioglie, e tiene in fusione; e questa sperienza ha fatto pensare a' filosofi, che l'acqua marina dovesse essere più salata ne' siti caldi che ne' freddi; e s'è infatti trovata tale ne' mari vicini all'equatore a preferenza de' polari. Nel flusso del mare, nell'acqua più profonda, e nella più rimota dal lido s'è osservato esser più sensibile la salsedine.

(a) *De plac. phil.* lib. III, c. XVI. (b) In *Tim.* (c) *Meteor.* lib. II, c. III.

Dalle sperienze del Marsigli, dell'Allejo, dell'Ales, e d'altri il sale dell'acqua marina si riduce a $\frac{1}{32}$ del suo peso, o ad un 3 o 4 per 100, sebbene il Wallerio ne trova da 16 a 17 per 100 (*a*), e lo Scopoli dice avere ricavato un'oncia di sale da una libbra d'acqua del mare di Trieste (*b*). Ma ad ogni modo il sale dell'acqua del mare dovrà sembrare assai poco, mentre l'acqua ne può tenere in dissoluzione il quarto a un dipresso del suo peso, ed anche un poco di più (*c*). Queste, ed altre osservazioni per la maggior parte sono provenute dallo studio de' fisici per ricercare la cagione della salsezza del mare; ma tale cagione è rimasta non pertanto, come quasi tutte le prime cagioni, nella sua oscurità. Non è di gran pregiudizio la privazione di tale notizia, e sarebbe assai più utile alla società la cognizione d'un mezzo facile, e non dispendioso di spogliare quell'acqua del suo sale, e delle altre materie, che la rendono impotabile, e disadatta a molti usi della società, sebbene all'opposto sia vantaggiosa ad alcuni altri (*d*). Sembra, che gli antichi abbiano avuta qualche idea di questo dissalamento per le vie di filtrazione, e d'evaporazione. Aristotele (*e*) dice, che immergendo nel mare una palla di cera vuota, vi s'introdurrà dell'acqua, che sarà dolce e potabile. Plinio riferisce questo mezzo di dissalare l'acqua marina, e quello di spandere molti velli intorno alla nave, i quali inumiditi daranno spremendoli acqua dolce (*f*). Ma nè il vaso di cera, od alcun altro feltro poteva levare all'acqua la salsedine, nè i velli bastavano a raccogliere tanti vapori, che potessero dare una sufficiente quantità d'acqua, e recar qualche giovamento alla navigazione. Il Porta nel secolo decimosesto propose cinque

Operazioni varie per levare la salsedine dall'acqua del mare.

(a) *Systh. min.* II. (b) *Diz. di Chim.* annot. (c) V. Macquer *Dict. de Chym.*
(d) V. Plin. lib. XXXI, cap. VI. (e) *Meteorolog.* lib. II, c. III. (f) L. c.

o sei metodi per ottenere il medesimo effetto (*a*); e questi pure tendevano alla filtrazione, ed all'evaporazione: ma di alcuni di essi, quegli appunto, che servivano alla filtrazione, confessava egli stesso, che niente gli avevano prodotto al suo proposito, nè sembra, che abbia mai ridotti alla pratica gli altri, benchè più adattati all'intento, o che n'abbia mai ricavato qualche utilità. Nel passato secolo il Walcot distillando l'acqua marina in un lambicco, ed aggiugnendovi alcune droghe, ottenne un'acqua, ch'era realmente potabile, e che gli meritò premio dall'inglese governo. Cominciò nondimeno a conoscersi ben presto, che non era salubre abbastanza quell' acqua; e il Fitz Gerald ne propose una sua, che pretendeva fosse molto superiore nelle utili qualità a quella del Walcot, e che ottenne ugualmente i riguardi del governo. Non fu nè pur essa abbracciata da' marinai, risentendosene in breve tempo lo stomaco di chi ne faceva frequente uso. Maggiore celebrità ha ottenuto in questo secolo l'acqua dissalata del Gautier; ma nè pur essa è riuscita giovevole alla sanità di chi l'adoprava, ed è stata abbandonata come le altre. Queste acque avevano un certo spirito di sale, che le rendeva acri, e corrosive, e producevano per ciò ostruzioni, tumori, ed altri malori. L'Ales, più filosofo che quanti avevano tentata quell'utile impresa, scoprì questo difetto dell'acqua marina distillata, e si studiò d'apporvi rimedio. Fece pertanto precedere alla distillazione la putrefazione, e la chiarificazione; procurò, che non fossero troppo intense le distillazioni, nè più d'una terza parte andasse in vapori, e adoperò molt'altre cautele, che provano il sagace suo giudizio, e la profonda sua cognizione della natura, e che gli diedero un'

Ales.

(a) *Mag. nat.* lib. xx, c. 1.

acqua alquanto migliore di quelle, che avevano ricavate gli altri fisici, ma che non produssero tutto l'effetto, che si cercava, e che dalla sua diligenza soltanto si poteva sperare (*a*). Volle nondimeno posteriormente l'Appleby migliorare il metodo dell'Ales, e tentò nuove vie senza poter pervenire al bramato fine (*b*). Molto grido levò ne' passati anni il metodo del Poissonnier, e in poco tempo cadde anch'esso in dimenticanza. Molt'altri anche posteriormente si sono sentiti di tanto in tanto proporre nuovi metodi, e promettere più sicuri effetti pel bramato dissalamento; ma quasi tutti comunemente hanno preso di mira il mezzo della distillazione. Il Bartolino, il Boile, e qualch'altro avevano osservato, che sgelandosi i pezzi di ghiaccio, che si trovano ne' mari settentrionali, divenivano un'acqua assai dolce. Il Cook in uno de' suoi viaggi fece empiere botti d'acqua dolce ottenuta dal ghiaccio, che galleggiava sul mare; onde volevano alcuni credere, che la congelazione fosse un mezzo opportuno per ottener l'acqua dolce; ma nondimeno messa in congelazione l'acqua marina si trovava poi salsa, e si credeva da' fisici, che i ghiacci, che davano l'acqua dolce, fossero dell'acqua de' fiumi entrati nel mare, e delle nevi sopravvegnenti, non d'acqua realmente marina e salsa. Recentemente l'Hosley osservò in alcuni pezzi di ghiaccio una divisione notabile di due parti, una delle quali cresceva di salsedine nello sgelarsi, quanto l'altra scemava, e propose alla reale società di Londra la maniera di dividere l'acqua salsa dalla dolce per mezzo della congelazione, e di fare così maggiore copia di sale nelle saline, e di procurarsi acqua dolce nel mare (*c*). Ma questo mezzo non era stato ridotto ad opera, nè egli

Poissonnier, ed altri.

(a) *Instruct. pour les marin.* (b) *Trans. phil.* vol. XLVIII ec.

(c) *Trans. phil.* vol. LXVI.

stesso aveva indicato il metodo di poterlo eseguire. Il Lorgna più recentemente ha tentato di ottenere realmente acqua dolce dalla marina pel mezzo della congelazione, ed è giunto infatti col processo di tre, o quattro congelazioni artifiziali a dissalare l'acqua marina in guisa da beverla egli stesso per varj giorni (a). Non so di quanto uso potrà essere in mare questo metodo del Lorgna; ma questo unitamente a tant'altri, ch'or abbiamo nominati, e a tanti più, ch'abbiamo passati in silenzio, può provare abbastanza, che intensi e vivi sono stati perfino a' nostri dì gli studj de' fisici per rendere dolce e potabile l'acqua del mare. Sarebbe ora da parlare del flusso e riflusso dell'acqua del mare, e d'altre acque, che tanto ha occupati gli antichi ed i moderni filosofi; ma quel poco, che n'abbiam detto nel trattare dell'astronomía, ci dispenserà qui di tenerne ulteriore ragionamento, ed or passeremo a discorrere della meteorología.

Flusso e riflusso.

Le meteore hanno sempre eccitata la curiosità de' fisici, e niuna materia vediamo infatti sì copiosamente discussa dagli antichi come la meteorología. Aristotele ha scritti lunghi libri su le meteore; Epicuro, e Lucrezio le hanno trattate assai ampiamente; e Seneca in quasi tutte le sue questioni naturali prende le medesime per soggetto delle sue filosofiche speculazioni. Tre cose porta lo studio meteorologico: osservazioni, teoríe, ed applicazioni; e tutte tre si vedono, benchè imperfettamente, tentate dagli antichi. Le osservazioni meteorologiche sono utili all'agricoltura, e questo le ha fatto intraprendere dagli antichi prima ancor che si conoscesse la fisica. Esiodo mostra in alcuni passi del suo poema, che s'erano già fatte allora alcune osservazioni meteorologiche per re-

Studio meteorologico degli antichi.

Economici.

(a) *Mem. della Soc. Ital.* tom. III.

golare le loro navigazioni, e la cultura delle campagne (*a*): e le osservazioni, che adducono in questa parte Virgilio (*b*), Columella (*c*), e gli altri scrittori geoponici mostrano, che assai diligenti, ed attenti erano stati i greci e i romani nell' osservare le meteore, e nel farne applicazioni. Ippocrate esaminando le malattíe epidemiche, che avevano afflitta la città di Taso, ne derivò l'origine da' venti, e dalla varia costituzione dell'atmosfera, e diede perciò una breve storia de' venti, che vi dominarono, delle pioggie, e dell'umido, che vi apportarono, e del caldo, e del freddo, formò il primo saggio d'effemeridi meteorologiche, e fece la prima applicazione della meteorología alla medicina (*d*). La religione stessa, o la superstizione obbligava gli antichi a contemplare i tuoni ed i fulmini, a riguardare le nuvole, a sentire i venti e le pioggie, e a fare molte meteorologiche osservazioni. Gli etrusci infatti, ch'erano particolarmente famosi ne' riti religiosi, e nella scienza augurale, ottennero parimente distinto nome nelle cognizioni meteorologiche, singolarmente in quelle, che spettano a' fulmini, come osserva Seneca (*e*). Da questa scienza due verità ricavarono. Una è, come dice lo stesso Seneca (*f*), che non già il rompersi delle nuvole facesse nascere i fulmini, ma che all'opposto si squarciassero le nuvole per dare luogo all'uscita de' fulmini; e l'altra, come riporta Plinio, che i fulmini non dal cielo soltanto, ma vengano ancor di sotterra (*g*); benchè poi oscurassero l'una e l'altra con false ed erronee superstizioni. Oltre queste osservazioni prodotte dalla religiosa, e dall'economica utilità, ve n'erano altresì molte dovute unicamente alla filosofica curio-

Medici.

Religiosi.

(a) *Opera et dies* (b) *Georg.* lib. I, v. 204.

(c) Lib. x., v. 41, et alibi. (d) *Epidemior.* lib. I.

(e) *Quaest. nat.* lib. II, cap. XXXII. (f) Ivi. (g) Lib. II, cap. LII.

sità. Aristotele ne riferisce parecchie, e queste, vere o false che sieno, provano ad ogni modo l'uso frequente, che v'era fra' greci di simili osservazioni. Molte eziandío ne riporta Seneca, la maggior parte de' greci, ma altre anche non poche de' romani, ed alcune sue proprie (*a*). Il Mairan loda le osservazioni, e le descrizioni dell'aurora boreale fatte da Aristotele, e da Seneca, tuttocchè amendue vivessero in luoghi troppo meridionali per poter godere frequentemente di tale spettacolo (*b*). Vitruvio (*c*) racconta l'invenzione d'Andronico Cirreste, che fabbricò in Atene una macchina per fare più esattamente le sue osservazioni su' venti. E non sappiamo da Plinio, che de' venti soltanto venti e più greci autori pubblicarono le loro meteorologiche osservazioni (*d*)? Gli enfatici rimproveri, in cui prorompe lo stesso Plinio (*e*) contro alla trascuratezza in questa parte de' filosofi del suo tempo, e le lodi, che rende agli antichi sì diligenti, fanno vedere abbastanza l'attenzione, e le cure, che questi ponevano nelle meteorologiche osservazioni, e l'alto pregio, e la giusta stima, in cui tenevansi anche a' tempi di Plinio simili studj dalle persone intendenti. Ed è da osservare, che se ora i nostri fisici recano a lode del moderno studio meteorologico l'essersi giunto a formare de' periodi, entro i quali ritornino le medesime meteore, e s'avvicendino i loro fenomeni, gli antichi non erano privi di questa gloria; poichè lo stesso Plinio ci rammenta un periodo d'Eudosso, che in un intiero quadriennio, non solo i medesimi venti, ma tutte le vicende atmosferiche faceva ricomparire (*f*). Lo studio grande, che impiegavano gli antichi per potere indovinare, e predire le future meteore, suppone una somma assiduità nel fare attente

Fisici.

Prognostici.

(a) *Quaest. nat.* (b) *De l'auror. boreale* sez. IV, c. I. (c) Lib. I, c. VI.
(d) Lib. II, c. XLVI. (e) Ivi. (f) Ivi c. XLVII.

osservazioni, che tanto a questo lor fine erano necessarie. Un libro intiero scrisse Teofrasto per dare conto de' segni, che possono prenunziare le pioggie (*a*). Arato (*b*), Plinio (*c*), ed altri greci e romani scrissero parimente su questi pronostici, e benchè molte cose asserissero prive affatto d'ogni fondamento di verità, fanno vedere nondimeno, che lo studio meteorologico aveva particolarmente chiamata l'attenzione di tutta l'antichità. Che se tanto impegno presero per fare le osservazioni delle meteore, quanto non sarà stato il loro studio nella parte teorica, e nell'investigazione delle cagioni, ch'era la passione dominante de' greci? Noi più non abbiamo le opere della maggior parte di que' filosofi; ma da quelle che ci rimangono si può abbastanza conoscere, che molte furono le opinioni, e diverse le teoríe, che inventarono in questa parte. Studiarono la costituzione dell'atmosfera, la divisione de' suoi strati, gli spazj dell'aria e dell'etere, le diverse regioni d'arie diverse, d'aria carica di vapori, impura, ed eterogenea, e d'aria pura, semplice, e spogliata d'ogni straniera materia, e la patria, per così dire, delle meteore fu riguardata con occhio acuto ed attento dagli antichi filosofi. Aristotele cita Pitagora, ed Anassagora (*d*); Tullio gli stoici (*e*); Clemente alessandrino Empedocle, di cui riporta un'opera intorno all'etere come la parte dell'atmosfera, che involge, e contiene tutto (*f*); e sì i greci, che i latini ci fanno testimonianza, che fin da' primi incominciamenti della fisica si sono rivolti i filosofi a contemplare l'atmosfera, e formarvi sopra i loro sistemi. Ma venendo poi alle stesse meteore, quante opinioni diverse non riferiscono Seneca, Plutarco, e tant' altri? Aristotele in più libri discute ogni sorta di meteore, e

---

(a) Laert. *in Theophr.* (b) *Phoenom.* (c) Lib. II ec.
(d) *Meteor.* lib. I, c. III. (e) *De nat. Deor.* lib. II. (f) *Strom.* lib. v.

producendo varie osservazioni, vere o false che sieno, propone le sue teoríe, e d'ogni cosa assegna arditamente l'immaginata cagione. Le molte maniere, onde diceva Epicuro potersi formare ciascuna meteora, sono altrettante opinioni, che gli antichi filosofi intorno ad esse portavano. Lucrezio espone la dottrina d'Epicuro con una forza di ragioni, e sodezza di sentimenti, che fanno più onore al suo maestro che i proprj suoi scritti *(a)*. Seneca *(b)*, e Plinio *(c)* riferiscono varj pensieri de' greci su le meteore, che mostrano in alcuni assai giuste notizie fisiche, e un accorto e giudizioso filosofare, e Seneca particolarmente aggiugne alle volte alcune sue riflessioni, che potrebbono sembrare degne d'una fisica più illuminata, se non fossero unite ad altre troppo strane ed insussistenti. Ma nondimeno l'antica meteorología era ancora molto lontana dal poter vantare qualche accuratezza, e perfezione: con mire economiche, e con popolare facilità, non con sagacità filosofica, e colle fisiche vedute, che alla dovuta esattezza richiedonsi, venivano fatte le osservazioni; e con tali osservazioni, cogli scarsi lumi della fisica di que' tempi, e col prurito de' greci di decidere d'ogni cosa, e d'innalzare sistemi sopra qualunque apparenza, o probabilità non erano da sperare sode e giuste teoríe; bastava trovarvi ragionevoli opinioni, ed ingegnose congetture; bastava poter lodare l'ingegno di quegli stessi, di cui dovevano rigettarsi le vane immaginazioni. Il Muschembroek considerando l'infinita varietà di corpicciuoli, che ingombrano l'atmosfera, e la difficoltà di conoscere gli effetti, che le moltiplici loro combinazioni possono cagionare, conchiude prudentemente, ch'è fuor di dubbio, che deono le meteore produrre un gran nu-

---

(a) Lib. 1I. (b) *Quaest. natur.* (c) Lib. 1I.

mero di fenomeni, di cui noi non comprenderemo mai bene le cagioni, e su cui i filosofi non faranno mai altro che congetture (*a*). Qual maraviglia dunque, che i greci non andassero più avanti, ma si fermassero soltanto in sottili ed ingegnosi concetti, ed in questi deviassero spesse volte da un diritto e filosofico ragionamento, se i moderni stessi con una fisica tanto più rischiarata, e con tant'altri ajuti, che agli antichi mancavano, non sono stati molto più felici nel cogliere la verità, e saper assegnare le giuste cagioni degli osservati fenomeni, e stabilirle, e assodarle con incontrastabili confermazioni? Ne' tempi posteriori non si studiava la meteorología che come una parte dell'astrología; si osservavano le meteore, ma soltanto come presagj di pubbliche calamità; e la fisica non meno che l'astronomía si faceva servire a regolare le predizioni degl'ignoranti ed arditi astrologi. Trovansi pertanto di que' tempi alcune osservazioni di fenomeni meteorologici nelle storie civili, non ne' libri di fisica, o negli scritti scolastici; nè poteva la meteorología ritrarre verun vantaggio dagli studj di quell'età.

Studj meteorologici de' bassi tempi.

Il Galileo incominciò a parlare delle meteore con qualche sapore di buona fisica: e la teoría de' venti, ed alcune proposizioni meteorologiche, che sparge qua e là nelle sue opere, sono già fondate in osservazioni, e presentano una dottrina, non più come quella degli antichi, di mera speculazione, e di sottili ragionamenti, ma appoggiata a' fatti, coerente colla sana fisica, e conforme a molte pratiche verità (*b*). Ma il vero principio della moderna meteorología non può ancor prendersi dal Galileo, dèe ripetersi alcuni anni di poi dall'accademia delle scienze di Parigi. I termometri, i

Studj meteorologici de' moderni.

Istrumenti fisici.

(a) *Essai de phys.* c. XXXVII.

(b) *Pens. var.*, *Disc. sopra le Com.* dial. IV. *De syst.*

barometri, gli igrometri, gli anemometri, e tant'altri stromenti, che avevano inventato i sottili fisici per segnare esattamente la costituzione dell'atmosfera, si fecero accortamente servire a dare una giustezza e precisione alle osservazioni meteorologiche, che prima neppur potevasi immaginare. Il reale osservatorio di Parigi prestava tanti comodi, e sì opportuni mezzi per osservare le meteore, come per contemplare le stelle. Mariotte, Perrault, Sedileau, e la Hire profittarono maestrevolmente di tutti questi vantaggi; ed essi possono dirsi i primi fisici della moderna meteorología. Quante sperienze non intraprese il Mariotte, quante osservazioni non adoprò per ben conoscere le pioggie, le nevi, i venti (*a*)? Le cave, o i terrazzi dell'osservatorio erano le sue sale, ed i suoi teatri, dove trovava i più sinceri dilettamenti, e passava le più liete ore nell'osservare il freddo ed il caldo, i venti e le pioggie, i fenomeni meteorologici, i varj accidenti dell'atmosfera. Nè di ciò contento faceva altrove in città, e fuori, ne' piani e ne' monti parecchie osservazioni, e procacciavasene da altri in siti diversi per combinarle poi mutuamente, e ricavare da tutte una più giusta cognizione delle meteore, e de' fenomeni, che ne derivano. Frutti di quelle osservazioni sono le molte verità, che su l'acqua delle pioggie, su le fontane, e su' venti ha lasciate ad ammaestramento della posterità (*b*). Più assidui ancora, e più diligenti furono gli altri accademici Perrault, Sedilau, e la Hire. Il lusso della corte di Luigi XIV contribuì anch'esso all'avanzamento delle meteorologiche cognizioni. Per ben regolare le fontane de' regj giardini volle il Louvois nel 1686, che il la Hire diligentemente osservasse l'acqua, che scorre dalle

Francesi coltivatori della meteorología.

(a) *Traité du mouv. des eaux* I part. (b) *Traité* ec. II, III disc.

sorgenti della montagna di Roquencourt, donde eransi condotte le acque a Versailles, e ordinò poi all'accademia, che si facessero ogn'anno le sperienze dell'acqua, che portan le pioggie, e di quella, che svaporando si dissipa. Allora il Perrault inventò una macchina per eseguire con esattezza queste osservazioni: il Sedileau le fece con maestrevole intelligenza; e il la Hire nel 1688 incominciò a presentarle all'accademia, ed al pubblico, come seguitò poi a fare costantemente per molti anni. Nè si fermarono nelle pioggie soltanto i filosofici sguardi di que' dotti accademici. Il Sedileau esaminò nell'anno seguente la neve e il ghiaccio, e varie altre osservazioni intraprese, quando in mezzo al suo corso venne da immatura morte rapito *(a)*. Il la Hire principalmente può considerarsi come il padre, e il primo maestro della vera scienza meteorologica. I parelj e le iridi, le pioggie e le nevi, i fonti e i fiumi, l'acqua e l'aria, il freddo, il caldo, il barometro, il termometro, l'altezza, il peso, l'umido, l'elasticità dell'atmosfera, e quanto può in ogni modo spettare alle meteore, tutto era oggetto della sua curiosità, tutto era da lui contemplato con erudita attenzione, tutto era con sincera fedeltà riportato da lui alla pubblica cognizione *(b)*. Allora s'incominciò ad alzare il velo, sotto cui erasi tenuta coperta per tanti secoli l'atmosfera; allora s'incominciò ad avere giuste notizie di ciò, che tutti i giorni vedevasi senza conoscersi; allora s'incominciò a formare giornali filosofici di tutti i fenomeni meteorologici, e a distendere la storia delle rivoluzioni dell'atmosfera; allora insomma nacque la meteorología. Queste osservazioni, e quest'effemeridi, fatte per più di 30 anni con indefessa costanza dal la Hire, furono poi nella

(a) V. *Hist. de l'Acad. avant son renouv. en 1699* tom. I e x; Du Hamel *Reg. Sc. Ac. Hist.* (b) *Hist. de l'Acad. depuis 1686 jusqu'à 1719.*

stessa accademia seguitate con uguale zelo ed intelligenza dal Maraldi, e da altri accademici, e replicate da varj altri per tutta la Francia, nell'America, e nelle più rimote contrade, e i dotti francesi mostrarono in ogni luogo l'amore degli studj meteorologici, che da per tutto promossero, e propagarono, e che vedesi ancor dominare a' nostri dì. Ne da minore zelo furono presi i profondi inglesi per coltivare questa nascente scienza; e le continue osservazioni fatte da molti di que' nazionali in mare ed in terra, nell'Europa, e nell'altre parti del mondo; il rigoroso registro di tutti gli accidenti atmosferici tenuto dal Derham per molt'anni dopo il 1707, e il giudizioso confronto fatto dal medesimo delle sue osservazioni, e d'altre d'altri paesi (*a*); l'invito del Jurin pubblicato nel 1714 a tutti i dotti fisici di voler fare in comune simili osservazioni, e i giudiziosi precetti da lui proposti per eseguirle con esattezza ed utilità (*b*); l'impegno dell'ammiragliato per promuovere gli avanzamenti di tali studj, tutto insomma viene a provare, che questa parte della fisica ugualmente che alla Francia è debitrice all'Inghilterra de' suoi progressi. Fin dal principio del secolo s'applicò in Padova il dotto Poleni ad osservare colla solita sua diligenza le meteore, e la costituzione dell'atmosfera; e le osservazioni, che ha pubblicate, e i lumi, che ha dati in una sua lettera al soprannominato Jurin (*c*), e in altri suoi scritti, sono stati di molto vantaggio all'avanzamento di questa scienza. Contemporaneamente nell'Olanda, quando infuriava un'epidemía nel 1727, volle il Muschembroek ad imitazione del grand'Ippocrate tenere conto di tutte le variazioni dell'atmosfera, e combinandole colle malattíe, che in ogni stagione, ed in ogni mese vi dominarono, presentò al

Inglesi.

Altri.

(a) *Trans. phil.* an. 1732. (b) *Letter.* ec. (c) *Trans. phil.* an. 1731.

pubblico le effemeridi meteorologiche d'Utrecht del 1728 unitamente alle nosologiche, e diede l'esempio d'accoppiar la storia delle meteore con quella de' morbi, ch'è stato poi quasi generalmente abbracciata da' moderni fisici (*a*).

Aurora boreale.

L'osservazione d'una particolare meteora fece nascere una teoría, che recò molti nuovi lumi alla fisica, ed acquistò in breve universale celebrità. L'aurora boreale era stata sotto altri nomi conosciuta in qualche modo dagli antichi. Aristotele (*b*) parla di fenomeni, che sono certamente aurore boreali, con tali espressioni, che mostrano essere state da lui stesso osservate. Seneca (*c*) descrive assai chiaramente quella meteora; e Seneca, ed Aristotele sono, a mia notizia, gli unici antichi, che abbiano osservata, e presentata l'aurora boreale come un mero fenomeno fisico senza riguardo a' futuri eventi, nè pensieri di predizioni. Altri filosofi immaginarono varie cagioni di quella meteora; ma, come dice Plinio (*d*), sempre considerandola come annunziatrice di gravi mali; e ne' tempi posteriori que' pochi, che l'osservarono, più pensarono a' mali, che credevano che prenunciasse, che alle cagioni naturali, donde la dovesser ripetere. Il primo, ch'io sappia averne parlato fisicamente, chiamandola aurora boreale, considerandola come una semplice meteora, e cercandone naturali cagioni, senza ricorrere a misteriose e soprannaturali, è stato il Galileo (*e*); sebbene il parlarne egli senz'alcun aria di novità, e come di cosa, che spesse volte vedevasi, fa credere, che altri non pochi n'avessero già prima in qualche modo trattato. Il Gassendo osservò varie aurore boreali, e dottamente ne descrisse una del 1621, la prima, come dice

Osservazioni degli antichi.

Del Gassendo, e d'altri posteriori.

(a) *Ephem. meteor. Ultraject.* an. 1728.

(b) *Meteor.* I, c. IV e V.

(c) *Quaest. natur.* lib. I, c. LXV.

(d) Lib. II, c. XXVII.

(e) *Disc. sopra le Comete*.

il Mairan (*a*), che sia stata veduta, o sentita, e descritta a sangue freddo; ma anch'egli ne discorse poi con molta incertezza, e con maraviglia di novità; ed egli stesso racconta, che tutti gli altri suoi contemporanei mille portenti pubblicarono d'avervi veduti, e la crederono un segnale mandato da Dio de' danni di guerra, che poi soffrirono (*b*); e in tutto mostra assai chiaramente l'oscurità, in cui era allora la fisica intorno a questo fenomeno. Il Zanotti riportando un'aurora boreale del 1726 descritta nell'accademia di Bologna dal Beccari, ne rammenta un'altra, ch'era stata osservata dal Castelvetri su la fine dell'anno 1722, o al principio del seguente, e dice essere stata questa la prima, che fosse comparsa nell'Italia, o la prima almeno, di cui fosse rimasta memoria; e il bolognese Manfredi, il primo astronomo dell'Italia, che n'osservasse poi una con astronomica esattezza, e ciò non prima del 1727 (*c*); e questa rarità del fenomeno, come riflette anche Plinio (*d*), non permetteva, che se ne vedesse chiara la cagione, nè pur che si avesser quelle notizie di questa, che delle altre meteore. Nel 1726 fece grand'impressione in tutta la Francia un'aurora boreale, e questa diede eccitamento al Mairan per levare la grandiosa fabbrica della sua teoria dell'aurora boreale. Il Galileo, il Gassendo, e que' pochi fisici, che fin allora l'avevano trattata, tutti la consideravano come prodotta da vapori, o da corpi estratti dal nostro globo; anzi l'Allejo la faceva provenire dagli effluvj magnetici, che dalla picciola sfera, o terra magnetica, ch'ei supponeva rinserrata nel centro del nostro globo, si scioglievano, e sfuggivano pe' poli, o almeno pel polo boreale. Qualcuno anche la ripeteva dal lume solare riflettuto

Opinioni de' fisici.

(a) *De l'aur. bor.* sez. IV, c. I.
(b) *Phys.* sect. III, lib. II, c. VII.
(c) *Comment. Acad. Bon.* tom. I.
(d) L. c.

dalle nevi del settentrione, e lanciato contro la superficie concava degli strati superiori dell'atmosfera. Ma il Mairan prendeva più alto il volo, ed interessava nell'aurora boreale la costituzione generale del mondo, o almeno di tutto il sistema solare; ed esaminati tutti i fenomeni di quante aurore boreali giunsero a sua notizia, misurata l'altezza, osservato il colore, la figura, ed altri accidenti, considerato il tempo della loro apparizione, ed avuto riguardo a tutte le circostanze, stabilì, che non dall'atmosfera terrestre, ma dalla solare, uscisse la materia dell'aurora boreale, e che questa fosse il lume zodiacale scoperto dal Cassini nel 1683, che spiccato dall'atmosfera solare, e attratto dalla terra cadesse nell'atmosfera terrestre più o meno profondamente, secondo che maggiore, o minore fosse la sua specifica gravità. Il vasto suo genio gli fece vedere le relazioni di questo fenomeno con alcune nebulose, colle macchie del sole, co' crepuscoli, coll'atmosfera della luna, colla gravità universale, colla calamita, con tutti i fenomeni dell'universo, e la storia astronomica, e la civile, la geografia, l'algebra, e la geometría, le sperienze chimiche e le fisiche, le osservazioni atmosferiche, e le astronomiche, la fisica, le matematiche, tutto fece egli servire a ben conoscere l'aurora boreale, ed a rendere interessante questa meteora per tutto il sistema della natura. L'ipotesi del Mairan fece, come doveva, gran sensazione ne' fisici e ne' matematici, e molti si diedero animosamente ad impugnarla. Ma ebbe la sorte di trovare un valentissimo sostenitore nel Boscovich, il quale in varj scritti la promosse e difese, e nuovi gradi le aggiunse di probabilità per le induzioni, che trasse dalle sue osservazioni, e principalmente pe' calcoli, che applicò alla distanza, in cui era dalla terra la materia d'un'aurora boreale da lui osservata nel

Del Mairan.

1737 (*a*). A maggiore dimostrazione di quell'ipotesi mancava l'osservazione di qualch'aurora nelle parti del polo australe, dove veder si doveva ugualmente che nelle parti settentrionali; e per supplire a questi difetti ebbe d'uopo il Mairan delle sottili risorse del suo ingegno, e della sua erudizione. Il Grischow nel 1751 osservò in Pietroburgo un'aurora, che per lui era australe (*b*), ed altra posteriormente il Graft nel 1778 (*c*); ma queste non erano le aurore australi, che abbisognava il Mairan per confermare la sua teoría. Fortunatamente per lui il celebre Ulloa navigando ne' mari australi, oltrepassato già il capo d'Horn, in mezzo a una nebbia foltissima osservò di tanto in tanto uno splendore, e certi lampi d'aurora boreale, che fecero credere, che quel fenomeno si vedrebbe nell'emisfero australe ugualmente che nel settentrionale, se vi si trovassero osservatori, e non fossero impediti dagli ingombri dell'atmosfera, e che il sistema del Mairan non doveva per questa parte trovare difficoltà. Non vollero nondimeno abbracciare tutti i fisici quell'ingegnosa ipotesi. L'Eulero ne propose una sua, cioè che i raggi solari battendo la terra facciano sollevare da questa alcune picciole particelle ad un'altezza superiore di molto a quella dell'atmosfera, e queste particelle ferite dal sole riflettano la sua luce, la quale formi l'aurora boreale (*d*). Altri più comunemente sono ricorsi all'elettricità, la quale è stata il refugio de' fisici per ispiegare questa ed altre meteore, come poi diremo; e questa più dell'ipotesi del Mairan, e di tutte le altre ha avuti molti seguaci, e si può dire, che ha prevaluto sopra tutte, ed è rimasta dominante e padrona. Ma lascian-

Dell'Eulero.

(a) *Diss. de aur. bor.* Not. in *Poema P. Noceti* ec.; *Dial. su l'Aur. bor.*

(b) *Nov. Comm. Ac. Petrop* tom. IV. (c) Ivi tom. XXIII, par. I.

(d) *Acad. de Berlin* tom. II.

do da parte la teoría delle cagioni, rimane al Mairan la lode d'avere meglio d'ogn'altro dilucidati, e descritti tutti i fenomeni dell'aurora boreale, e tutto il merito d'essere chiamato il vero maestro in questa materia.

Rugiada.

Un'altra meteora dèe parimente a questo secolo il suo rischiarimento. La rugiada s'è veduta in tutti i secoli, s'è sempre creduta cadere dall'aria senza farvi altro esame, nè mai s'è osservata con filosofica diligenza. Nella storia dell'accademia di Parigi del 1687 leggesi, che alcuni socj trovando sotto le campane di vetro ugual copia di rugiada che ne' siti esposti all'aria, pensarono, che la rugiada non cadesse dall' alto, ma si levasse da terra. Ma quest'osservazione rimase sterile nelle mani di que' fisici, e venne presto dimenticata.

Opinione del Gersten.

Dopo il principio di questo secolo, sol verso il 1728, avendo il Gersten immaginato un sistema per dimostrare coll'elasticità dell'aria i cambiamenti del barometro, e riflettendo, che il cadere dall'alto la rugiada doveva contrariare il suo sistema, si diede ad osservare attentamente questo fenomeno, e con molte e replicate sperienze potè conchiudere, che dalla terra, e dalle piante si leva realmente in alto la rugiada, non, come prima credevasi, cade dall'aria in terra (*a*). Allora s'incominciò a riflettere su questo volgare ed ovvio fenomeno, e si prese qualche sicura cognizione della rugiada. Tre cose trovò egli necessarie per questa: luogo esposto a' raggi del sole; differenza notabile dal caldo del giorno al freddo della notte; e sufficiente umidità nel terreno. Esaminò la rugiada delle piante, ch'egli credeva altro non essere che la traspirazione delle medesime condensata dall'aria, e trovò nella superficie, ed all'estremità delle foglie picciole

(a) *Christ. Lud. Gersten Tentam. syst.* ec., cui adjecta sub finem *Dissertatio Roris decidui errorem ant. et vulg. per observ. et exper. nova excutiens* Francof. 1733.

goccie disposte regolarmente, non gettatevi a caso, e n'offrì agli occhi la figura: coprì molte piante con vasi di vetro o di terra, e le trovò ugualmente cosperse di rugiada; segno, che questa dalle stesse piante traspirava, non veniva dall'aria; e fece molt'altre sperienze, che diedero alquanto a conoscere quel volgare fenomeno, su cui sì poco si rifletteva. Non lasciò oziose il Muschembroek le sperienze, e le riflessioni del Gersten. Parvegli, che la rugiada fosse forse la meteora acquosa la meno conosciuta, e questo l'impegnò ad entrare profondamente ad esaminarla (*a*). Tre sorte diverse di rugiada volle distinguere, e su ciascuna fece moltissime osservazioni, e scoprì molte verità. La rugiada, ch'esce dalla terra e dalle piante, gli presentò mille diversità e per la copia, e per la qualità, secondo i terreni e le piante, che la tramandano: diversità ne' terreni umidi, ne' secchi, negli abbondanti di minerali, ne' monti e nelle valli; diversità nell'erbe e negli alberi, e nelle differenti spezie degli alberi e dell'erbe. Osservò gran differenza nella quantità della rugiada secondo le altezze differenti, in cui si riceve. Con varie, e replicate sperienze scorse notabilissime differenze secondo le materie diverse de' recipienti, e trovò, che i vetri sono le materie, che più attraggono la rugiada, e i metalli quelle, che più la rigettano. Nella stessa materia scoprì anche maggiore, o minore attrazione secondo i diversi colori, di cui è dipinta, sebbene osservò, che tale diversità non a' colori, ma alle materie di essi dèesi riferire; e tante curiose novità seppe ritrovare nella rugiada, che fece un fenomeno da interessare l'attenzione de' filosofi di ciò che non aveva prima ottenuto che sguardi volgari. Oltre le or dette rugiade, che dalla ter-

Del Muschembroek.

(a) *Essai de phys.* c. XXXIX.

ra e dalle piante sollevansi, credè d'osservarne un'altra, che levatasi dalla terra, e dispersa nell'atmosfera ritorni poi dall' alto a cadere in terra, e s'indusse a pensar così al vedere bagnarsi dalla rugiada alcuni corpi su la terrazza dell'osservatorio d'Utrecht coperta di piombo, donde certo non poteva levarsi. Le osservazioni del Muschembroek eccitarono la curiosità del du Fai, e lo mossero a svolgere pienamente questa materia. Replicò egli tutte le sperienze del Gersten, e del Muschembroek, le migliorò in varie guise, e n'aggiunse altre sue, e trovò, che realmente la rugiada dalla terra, e dalle piante sollevasi, nè in ciò v'ha luogo a dubitazione, ma che quando è poi sollevata in aria, immergesi in essa, ed all'insù, all'ingiù, ad ogni lato orizzontale, e perpendicolare traesi da per tutto, dove si porta l'aria col suo moto di fluttuazione, nè può dirsi col Muschembroek, che cada dirittamente dall'alto al basso. Le sperienze del Muschembroek mostravano il vetro attrattivo della rugiada, ed i metalli contrarj. Come questa medesima differenza del vetro e del metallo si ritrova ugualmente riguardo all'elettricità, e come il du Fai aveva parimente provato (*a*), che tutti i corpi possono diventare fosforici, fuorchè i metalli, pensò egli, che potesse dunque la rugiada avere qualche relazione co' fosfori, e coll'elettricità. Provò a questo fine le materie resinose siccome elettriche, e le trovò infatti, come i vetri, molto suscettibili della rugiada. Replicò in molte guise le sperienze di questa diversa capacità a ricevere la rugiada in materie diverse, nè trovò in alcuna di esse ragione di contrastare l'immaginata analogía. Movevagli nondimeno qualche dubbio in contrario l'avere osservato l'Ales (*b*), che molto maggiore

Del du Fai.

(a) *Ac. des Sc.* 1730. (b) *Stat. des veget.* exp. XIX.

copia di rugiada cadeva su la terra umida che su la secca, maggiore su l'acqua che su la terra umida, e diedesi perciò tosto a tentarne altre simili più esatte, e più precise; ma diverse estrinseche circostanze non gli permisero di condurle a quell'evidenza di risultati, che potesse appagare l'accurata sua scrupolosità (*a*). Ad ogni modo le filosofiche vedute, e le squisite sperienze del Muschembroek, e del du Fai ci hanno fatto sufficientemente conoscere questa meteora, che sì poco avevano curata i fisici anteriori. Posteriormente il le Roi esaminando l'elevazione, e la sospensione dell'acqua nell'aria, e provando, che questa si fa per dissoluzione, e che tale dissoluzione presenta i medesimi fenomeni, che la dissoluzione della maggior parte de' sali nell'acqua, entra a parlare della rugiada, e dalla sua dottrina su questa dissoluzione, e da varie sue sperienze conchiude, che la rugiada non è che l'acqua disciolta col calore del giorno nell'aria, e precipitata col freddo della notte, quando si raffredda l'aria sotto il grado di saturazione, e che essa, come prima credevasi, cade tutta dall'aria; e questa dottrina del le Roi, le studiate sue sperienze, e le sue fisiche e chimiche teoríe hanno dati alcuni nuovi lumi su l'ancora non abbastanza rischiarata materia della rugiada (*b*).

Del le Roi.

Se tanto presenta da trattare questa meteora, che appena s'è incominciata ad osservare in questo secolo già avanzato, quanta materia di ragionamenti non ci darebbono le altre, se la stessa copia non c'impedisse d'esaminarle distintamente? Quanto non iscrissero de' venti gli antichi, come di sopra abbiamo accennato? E quanto non hanno occupato ugualmente i venti le ricerche e l'attenzione de' moderni! Il Ga-

Venti.

(a) *Ac. des Sc.* an. 1736. (b) *Acad. des Sc.* an. 1751.

lileo al principio del passato secolo, quando poco si pensava a riguardarli filosoficamente, ardì di derivare i venti regolari e costanti de' mari dal moto diurno della terra; e se non giunse a cogliere nella sua teoría la verità, s'appoggiò sempre a vere osservazioni, ed insegnò agli altri fisici la giusta acutezza e sodezza nel discutere tali materie (*a*). Venne poi il Mariotte, e trattò de' venti con maggiore estensione e profondità. Cercò a questo fine varie corrispondenze per avere osservazioni seguíte nelle estensioni di 7 ad 8 cento leghe in molti siti d'Europa, come da Parigi a Varsavia, da Londra a Costantinopoli, e così d'altri; ma da pochi potè ottenere il compimento delle sue brame. Pur dalle continue sue osservazioni, e da quelle che potè avere da altri, e da altre che seppe ricavare dalle relazioni de' viaggi ardì proporre alcune congetture su le cagioni de' venti, spose varj fenomeni risguardanti i loro moti, e le loro forze, e diede molti lumi intorno a questa materia (*b*). Il Mariotte fra le altre cagioni, ch'ei chiama principali, adduce, come il Galileo, per la prima, e la più possente il movimento della terra dall' occidente all'oriente; e questa cagione è stata rigettata da' fisici, e matematici posteriori, come poco fondata su' buoni principj della costituzione, e de' movimenti del nostro globo. L'Allejo s'attenne principalmente all'azione de' raggi del sole su l'aria ed acqua; e dal calore, che il sole comunica all'aria ed all'acqua, e dalla rarefazione, che in esse produce, derivò dottamente i riguardevoli fenomeni de' venti regolari (*c*). Il d'Alembert istima bensì, che il calore del sole possa avere gran parte nella agitazione de' venti; ma non avendo principj abbastanza per calcolare l'azione di questo

Teoría del Mariotte.

Dell'Allejo.

(a) Dial. IV *de' Sistemi*. (b) *Traité du mouv. des eaux*, I part., II disc.
(c) *Trans. phil.* n. 183.

calore, non crede potere fondare sul medesimo la teoría de' venti, e si ristringe a determinare i movimenti dell'aria provenienti dalla sola attrazione del sole e della luna, e apertamente confessa, che ancor quando si risolva così il problema, si sarà ben lontano dal conoscere con certezza il corso, e le leggi de' venti; ma v'impiega tanta ricchezza di geometría, e di calcoli, che ha resa questa sua opera uno de' più pregievoli scritti della matematica *(a)*. Più fisicamente illustra il Muschembroek questa influenza del calore solare nella produzione de' venti, e con molt'uso di fisiche e di storiche cognizioni la va applicando anche ai fenomeni, che potrebbono sembrare d'esserle opposti; risolve giudiziosamente molti problemi d'alcuni venti particolari, e d'altri variabili; raccoglie molte notizie su questa materia di molti luoghi diversi; spiega più distintamente molti fenomeni peculiari a' venti olandesi, e fa prendere assai più chiara cognizione delle particolari cagioni d'alcuni venti, d'alcune loro proprietà, e de' loro effetti, ed assai più giusta idea di questa meteora, di quanto ci avevano dato gli altri fisici e matematici *(b)*. Il Buffon parla parimente de' venti colla sua solita eloquenza ed erudizione, ma conchiude giudiziosamente, che invano si tenterebbe di dare una teoría de' venti, e che d'uopo è ristringersi a lavorare per farne una buona storia *(c)*. Il Richard ha scritto posteriormente in varj volumi una storia dell'aria, che non è veramente la storia de' venti, che bramerebbe il Buffon, ma che può dare ad essa molte notizie *(d)*. Le osservazioni diligenti e costanti de' dotti fisici di tutta l'Europa, e dell'altre parti del mondo, e le fedeli ed esatte relazioni degli attenti ed oculati viaggiatori sono l'unico mez-

Del Muschembroek.

(a) *Reflex. sur la cause gen. des vents.* (b) *Essai de phys.* cap. XLI.
(c) *Hist. nat.* t. II in-12 ed. di Parigi 1752. (d) *Hist. nat. de l'air et des mét.*

zo d'ottenere tutti que' lumi, che a formare una tale storia, e a dare la giusta cognizione de' venti richiedonsi. Quanto non avremmo da dire su la pioggia, la neve, la grandine, il fulmine, il tremuoto, e su ciascun'altra meteora? Non troveremo mai fine a questo argomento, se d'ognuna vorremo far motto distintamente: diremo soltanto in generale brevemente, che dopo che il Franklin scoprì, e dimostrò sì patentemente l'analogía del fulmine coll'elettricità; e molto più dopo che il Beccaría sì fondatamente la estese alle altre meteore, e propose al pubblico la sua elettricità atmosferica; e il Nollet, e altri fisici cercarono parimente, benchè per vie diverse, di spiegare le meteore coll'elettricismo, la fisica meteorologica ha ricevuti molto maggiori rischiarimenti. Noi abbiamo recentemente una meteorología in due tomi distesa dal de Luc (*a*), il quale confessa, che dèe la maggior parte delle sue idee sposte in quest'opera alla teoría del Volta dell' *Influenze elettriche*; e infatti vi fa giuocar molto il fluido elettrico, di cui lungamente discorre. E quanti lumi non possiamo sperare in questa materia dallo stesso Volta, il quale padrone, ed arbitro dell'elettricismo terrestre, ha voluto anche maneggiar l'atmosferico, ed ha ora incominciato a dare al pubblico una sua meteorología (*b*)?

Queste teoríe hanno fatto immaginare, ed eseguire molte belle sperienze, ed osservazioni, ed hanno fatto conoscere assai meglio di prima le meteore: ma più che dalle teoríe trae vantaggio la meteorología dalle diligenti, assidue, e generali sperienze ed osservazioni, che per ogni angolo dell'Europa, ed in molti siti eziandío dell'Asia, dell'Africa, e dell' America eseguiscono i dotti fisici, e delle quali cercano di

(a) *Idées sur la météorol.*, à Paris 1787. (b) *Biblioteca fisica d'Europa* tom. I.

fare utili applicazioni. Il Toaldo è in questa parte il principe della moderna meteorología. Colla meditazione su le osservazioni di più di 20 anni del Poleni, e su le molte posteriormente fatte da lui stesso, coll'esame di quelle de' francesi, degl'inglesi, e d'altri, e col mutuo confronto di tutte ha incominciato a fissare un periodo, e dare molti lumi per una qualche veritiera predizione degli accidenti atmosferici, a stabilire alcuni canoni utili per l'agricoltura, e per la civile economía, e a ricavare vantaggio dalle meteorologiche cognizioni (*a*). L'esempio del Toaldo ha dato eccitamento a molti dentro e fuor dell'Italia di coltivare sempre più questo studio; e il Cotte lo promuove con tanto, o più ardore nella Francia, che nell'Italia il Toaldo. Il suo *Trattato di meteorología*, pubblicato nel 1774, sparse già molti lumi su questa materia; ma la grand'opera, che ora ha pubblicata in due volumi di memorie per servire di supplemento a quel *Trattato* sono l'opera più dotta, e il più compiuto trattato, che abbiamo su la meteorología. Fortunatamente in questi anni abbiamo veduto sorgere alcuni stabilimenti, che sono molto favorevoli a' progressi di quella scienza. Uno di essi è la reale Società di medicina di Parigi, la quale nella memoria istruttiva, che mandò a tutti i corpi accademici, ed a tutti i medici, e in cui invitò tutti a porre singolare attenzione a' fenomeni dell'atmosfera, ha talmente eccitato lo zelo de' dotti, che da infinite parti riceve osservazioni esatte, e intieri giornali, è può col loro ajuto formare le compiute tavole, che vediamo ne' suoi volumi (*b*). Più direttamente ha giovato a' progressi di questa scienza la Società meteorologica di Manheim istituita sotto gli auspizj dell'elettore Palati-

(a) *Sagg. meteor.* ec. *La meteor. applic.* ec. ec. (b) Tom. I, II, ec.

no, e colla protezione del duca di Saxe-Gotha. Quest'accademia niente altro si propone che di promovere la meteorología, far fare osservazioni in ogni parte del mondo, paragonarle poi tutte con esattezza, e poterne didurre accertate conseguenze. A tal fine pubblicò il suo prospetto nel 1780, e spiegò le sue mire; fece istrumenti affatto uguali ed uniformi; stampò tavole meteorologiche, e tutto somministrò agli osservatori per avere così cogli stessi metodi, e cogli stessi stromenti le osservazioni realmente paragonabili; ed ora propone premj, tiene corrispondenze, nè lascia alcun mezzo, che possa contribuire alla perfezione della sua impresa. „ E' „ poco tempo, dice il Buffon (*a*), dacchè si fanno osserva- „ zioni meteorologiche, ed è assai meno dacchè si fanno con „ attenzione, e ne passerà forse molto prima, che se ne sap- „ piano impiegare i risultati, che pur sono gli unici mezzi, „ che noi abbiamo per arrivare a qualche cognizione positi- „ va su questo soggetto „. Ma dagli studj meteorologici di questi pochi anni vuole il Cotte, che siensi già ricavati alcuni periodi quasi certi, ed altri molto probabili; la diurna, e la mensuale variazione dell'ago calamitato quasi dimostrate; la periodica variazione diurna del barometro messa in buon lume dal van Swinden; utili vedute per la medicina, e per l'agricoltura; miglioramenti notabili de' barometri, degl'igrometri, e degli altri stromenti fisici, che hanno relazione cogli accidenti atmosferici, e non pochi altri vantaggi. Ora con tanti ajuti, con tanti stabilimenti, con tanti lumi, e tanti avanzamenti, con tanto zelo, ed ardore de' coltivatori di questi studj possiamo sperare, che non sia per tardar molto il maturamento de' frutti, che l'agricoltura, la medicina, la

---

(a) *Hist. nat.* tom. II.

nautica, e tutta la società può promettersi dalla meteorologia più ancor che dell'astronomía, se quella ugualmente che questa giungerà ad avere dati certi, cognizioni sicure, e matematiche dimostrazioni, e potrà ridursi a quel grado di certezza, a cui aspirano i suoi professori, e porsi, come l'astronomía, nella classe di scienza esatta.

Magnetologia.

Dagli elementi, e dalle meteore discendendo a' corpi terrestri, il soggetto della fisica particolare, che più presto abbia ottenuto qualche illustramento da' fisici, è stata la calamita. Gli antichi egiziani, come ci fa intendere Plutarco citando Manetone (*a*), conobbero la calamita, e la sua proprietà d'attraere il ferro, e forse anche quella di rispingerlo. Talete, Democrito, Empedocle, Platone, Aristotele, ed altri filosofi greci, secondo il gusto allor dominante, si misero tosto a ricercare la vera cagione di quest'attrazione, e si divisero in varie opinioni. Epicuro solo produsse due cagioni diverse, una delle quali viene lungamente riportata da Lucrezio (*b*), e l'altra da Galeno (*c*). E' assai sottile e meccanica la maniera, con cui Platone fa seguire quest'attrazione, come la spiega Plutarco (*d*); ed essa prova, che già a quel tempo s'era molto meditato, e studiato su tale fenomeno. Oltre di questo osservarono anche gli antichi, che lo stesso ferro attratto per una parte della calamita, attraeva dall'altra un altro ferro, e questo un altro, e potevasi così formare una catena, come dice Platone, che ne parla come di cosa nota, e volgare (*e*). Qualche oscura ed incerta cognizione ebbero altresì i greci della proprietà della calamita d'avere due poli diversi: amico l'uno, che attrae il ferro presentato da un tale lato; contrario, e nimico l'altro, che lo rispinge

Antichi conoscitori di alcune proprietà della calamita.

(a) *De Isid. et Osir.* (b) Lib. VI. (c) Lib. I *De nat. fac.*
(d) *Platon. Quaest.* (e) In *Jone*.

se gli si applica dal medesimo. Vediamo infatti, che dice Lucrezio (*a*) accadere anche che il ferro si ritiri dalla calamita, che ora la fugga, ed ora vicendevolmente la segua, ciò che non può verificarsi altrimenti che presentandogli i due diversi poli. Plinio credeva, che vi fosse una sorta particolare di calamita, che chiama *teamede*, e che fa venire dall'Etiopia, la quale rigetta, e rispinge da sè ogni ferro (*b*). Ma questo non può avere apparenza alcuna di verità, se non si prende nell'or detto caso; e allora non alla calamita dell'Etiopia soltanto, ma a qualunque altra può convenire. Non so quanto sia vera la ragione, che dà Plutarco d'aver gli egiziani applicato i nomi di calamita, e di ferro alle ossa d'Oro e di Tifone: essa potrebbe provare, che gli antichi egiziani ebbero già qualche cognizione di questo fenomeno; e mostra certo, che i greci del tempo di Plutarco non erano privi di tale notizia (*c*). Queste sono le uniche cognizioni, quanto a me pare, che abbiano acquistate gli antichi con tanti secoli di filosofare su la calamita; e queste stesse erano oscurate con molti più errori, ciò che non ad altro può attribuirsi che al loro prurito di penetrare nelle intime cagioni, senza pensare prima di scoprir bene i fatti. Si maraviglia, e si lamenta il Cardano degli antichi filosofi, che avendo alle mani tanta copia di calamita, fossero sì trascurati nel farne sperienze, e rimanessero pertanto nell'ignoranza delle sue proprietà: il caso, se non lo studio, avrebbe lor presentate molte cognizioni, a cui non poteva condurli la troppa voglia di speculare (*d*). Ma quest'era il vizio dell'antica fisica. Vede Lucrezio la calamita attrarre il ferro attraverso un vaso di rame, e corre subito a ricer-

Trascuratezza degli antichi nel fare osservazioni.

(a) Luogo citato.
(b) Lib. xxxvi, cap. xvi.
(c) *De Isid. et Osir.*
(d) Lib. un. *De secr.* cap. v.

carne nella natura del rame la cagione, mentre a poche sperienze, ch'avesse voluto fare in altre materie, poteva vedere, che vanamente pensava di ripetere dalla natura particolare del rame ciò ch'era comune agli altri corpi (*a*). Vuole Alessandro afrodiseo rintracciare il perchè la calamita attragga il ferro, e non anche all'opposto questo si tiri dietro la calamita, e non pensa prima di esaminare colle sperienze la verità del fatto (*b*). Questo era l'uso comune degli antichi filosofi, speculare molto, ed osservar poco, affannarsi nella ricerca delle cagioni, non curarsi di verificar prima i fatti; e quindi tanti indovinamenti, e sì poche scoperte, tanti errori mischiati con alcune poche verità. Anche ne' tempi posteriori la scienza magnetica ha avuto miglior sorte che le altre parti della fisica. La più bella, e più utile scoperta, che siasi fatta su la calamita, è quella de' due suoi poli, australe e boreale, che ha tanto servito al miglioramento della nautica; e questa si dèe certamente a que' tempi. Il primo monumento, che abbiamo di questa scoperta, è un libro intitolato *De lapidibus*, citato come opera d'Aristotele da Vincenzo Bellovacense (*c*), e da Alberto Magno (*d*), nel quale si legge, che un angolo della calamita guarda il settentrione, l'altro il mezzo-giorno. Ora più non esiste, ch'io sappia, un tale libro, nè possiamo più giudicare della sua legittimità che pe' soli passi, che da questi autori vengono riportati. Noi abbiamo altrove parlato assai lungamente di questo punto per poterci ora dispensare di farne nuovi discorsi, e colla scorta del gravissimo Tiraboschi abbiamo attribuito agli arabi quella scoperta, e la supposizione, o almeno l'alterazione del libro citato come d'Aristotele, in cui la vediamo, benchè poco

Scoperta della direzione polare.

Ricevuta dagli antichi.

(a) Lib. VI. (b) Lib. II *Nat. quaest.* cap. XXII.
(c) *Spec. nat.* lib. VIII, cap. XIX. (d) *De miner.* lib. II, tract. III, cap. VI.

esattamente, descritta. Or aggiungeremo soltanto, che per assicurare vie più a questo libro l'origine arabica, oltre le due parole allora citate *Aphron*, e *Zoron*, usate in quel passo riguardante i due poli, può anche dar nuovo peso la parola *Zibar*, adoperata in un altro passo riportato dallo stesso Vincenzo (*a*); tre voci arabiche in poche righe, benchè alterate e sconciate da' relatori, possono fare assai manifesta l'origine del libro, che le contiene. Oltre di che può osservarsi, che molte cose della calamita riporta quel libro, che possono credersi errori degli arabi, nè sono state mai da niun antico annunziate. Dove leggesi negli antichi, che vi fossero calamite, che attraessero l'oro, la carne umana, ed altre materie molto diverse dal ferro, come vediamo in quel libro supposto d'Aristotele? Ma queste attrazioni della calamita vedonsi descritte in un libro ebreo del R. Abramo ben Hannaja, citato dal Kircher (*b*), il quale ebreo dice d'averle lette ne' libri de' *Sapienti*, e i sapienti nel concetto de' rabbini non erano che gli arabi, unici maestri degli ebrei di quel tempo. Pare dunque, che deggia credersi, che qualche arabo fosse autore di quel libro, nel quale in mezzo a tanti errori vediamo per la prima volta proposta questa scoperta, e che la scoperta stessa, che non era stata mai annunziata da alcun antico, prendesse parimente dagli arabi la sua origine. Gli arabi però potevano facilmente derivarla dalle cognizioni lor tramandate dagli antichi. Se questi insegnavano, che la calamita da un lato attrae il ferro, e dall'altro lo rispinge, facil cosa era osservare verso dove si volgessero que' punti, e quindi trovare, che realmente guardassero i due poli. Infatti tale è l'andamento della scoperta, che sembra indicato dalle parole stesse

Derivazione di questa scoperta dalla dottrina degli antichi.

(a) Ivi cap. XXXIV. (b) *Magnes* lib. I, cap. IV.

del Bellovacense (*a*): *Magnes*, dice, *uno quidem angulo trahit ferrum, ex opposito autem angulo fugat ipsum. Angulus quidem ejus, cujus virtus est trahendi ferrum, est ad zoron, idest septentrionem*, ec.. Così pure avendo conosciuto gli antichi, che la calamita comunica al ferro, che attrae la virtù d'attraerne un altro, era naturale il provare se gli comunichi o no parimente la virtù di volgersi a' poli da due punti determinati. Ma nondimeno queste osservazioni, e queste sperienze mostrano uno spirito filosofico, e riflessivo, e che sempre più ci dà ragione d'attribuire questa scoperta agli arabi, gli unici presso cui a que' tempi annidasse la filosofia, e la contemplazione, e lo studio della natura. Certo è, che fino dal principio del secolo decimoterzo era già conosciuta, ed adoperata nella navigazione questa virtù non solo della calamita, ma eziandio del ferro calamitato. „ L'ago di ferro toccato „ colla calamita si volge sempre alla stella settentrionale; „ ond'è molto necessario a' naviganti „ dice il cardinale Jacopo di Vitry (*b*). Vincenzo Bellovacense ci spiega anche la maniera come si preparava quest'ago. Dopo avere fregata attraverso la calamita la punta dell'ago lo conficcavano in una piccola paglia, e lo mettevano in un vaso pieno d'acqua: quindi girando intorno al vaso la calamita, seguiva all'intorno il suo moto la punta dell'ago; e movendo poi con più sveltezza e velocità la calamita, la ritiravano all'improvviso, e allora la punta dell'ago si volgeva al settentrione, e colà si fermava immobile a direzione de' naviganti (*c*). L'imperfezione e rozzezza di questa bussola mi fa nascere nell'animo una congettura, che non sarà aliena di questo luogo. Dassi comunemente la gloria dell'invenzione della bussola verso

(a) Lib. VIII, cap. XIX. (b) *De hist. Hieros.* cap. LXXXIX.

(c) *Spec. natur.* lib. VIII, cap. XL.

Il Gioja creduto autore di tale invenzione.

l'anno 1300 all'amalfitano Flavio, o Giovanni Gioja; ma da quanto abbiamo detto finora viene smentita quest'opinione. Sembra nondimeno difficile, che una tradizione sì universale non abbia nessunissimo fondamento, e sia priva d'ogni apparenza di verità: non si potrà dunque pensare, che poco contento il Gioja dell'or descritto stromento, e degli altri ugualmente rozzi allora usati nella marina, n'inventasse uno più esatto, più sicuro, più comodo, più acconcio a tutti gli usi, inventasse insomma una vera bussola, che meritasse di venire in breve tempo adoperata da tutti, facendo abbandonare tutte le altre, e che quindi si levasse il grido universale, e si desse al Gioja generalmente l'onore dell'invenzion della bussola? Per ciò che non pare credibile, che colla bussola, quale gli viene attribuita dal Porta *(a)*, la quale altro non era che la sopra sposta da Vincenzo, come nota, e comune a tutti i marinaj, si potesse procacciare tanta celebrità da levarsi coll'onore dell'invenzione della bussola. Non ha più fondamento il Cabeo d'attribuire a Pietro Pelerin la scoperta, o la prima notizia della direzione a' poli della calamita, dicendo, che gli autori anteriori a lui dissero bensì, che la calamita attrae il ferro, ma non che attrae eziandío altra calamita, e diedero al ferro calamitato la proprietà di segnare il polo, ma non alla stessa pietra *(b)*. Il Pelerin, come crede il Gilberto *(c)*, fiorì solo nel secolo decimoquarto, e in tutto l'antecedente si discorse già da molti della direzione a' poli della calamita. Oltre gli ora citati autori, che tutti parlano, benchè oscuramente, e senz'aggiustatezza, di questa proprietà, non solo del ferro, ma della stessa pietra, Bruneto Latini nel suo *Tesoro* dice espressamente, che la calamita ha due

Pelerin.

(a) *Magn. nat.* lib. vII, cap. xxxII. (b) *Philos. magnet.* lib. I, cap. vI.
(c) *Tract. de magn.* lib. I, cap. I.

faccie, e l'una guarda, o va verso una tramontana, l'altra verso l'altra; e troppo era comune nel secolo decimoterzo questa notizia per dover col Cabeo riconoscerne per primo autore il Pelerin (*a*). Rimane a lui non pertanto la lode di averci data la più chiara, e compiuta descrizione della maniera di fare questa sperienza, e di trovare esattamente nella calamita i due poli, come la spone il medesimo Cabeo (*b*). Il Gilberto ci dice soltanto del Pelerin, che nella sua opera si ricercano da' poli del cielo, e dallo stesso cielo gli argomenti di questa direzione della calamita (*c*). Io non ho mai letto il libro, o la lettera, o checchè siasi l'opuscolo di questo francese, che tratta tale materia; ma il vedere in un passo riportato dal Kircher (*d*), che descrive in qualche modo la terrella, o il globo terrestre co' suoi poli, e circoli meridiani rappresentato in un globo di calamita, e v'insegna la maniera di formare detta terrella, e l'osservare qualche altro punto della sua dottrina, riferito dallo stesso Kircher, dal Porta (*e*), dal Cabeo (*f*), e da altri, mi fa credere, che s'internasse assai nella dilucidazione di questa materia, onde giustamente acquistasse il nome di maestro della magnetica filosofia, come narra il Cabeo (*g*); e parimente ci mostra, che questa fu trattata con qualche sodezza e verità anche a que' tempi, in cui tutto il resto delle scienze era involto nelle tenebre, e nelle frivolezze del gergo scolastico.

Declinazione dell'ago calamitato.

La fisica magnetica gode la prerogativa a nessun'altro ramo delle scienze comune di non avere in alcun tempo sofferti interrompimenti, e sviamenti nella sua cultura. Ne' secoli undecimo e duodecimo, secoli d'ignoranza e d'oscurità, si

(a) Lib. I, cap. I. (b) Ibid. (c) Lib. I, cap. I.
(d) Lib. I, part. II, theor. x, cap. II. (e) *Magn. nat.* lib. VII.
(f) Lib. II, cap. III. (g) Ibid.

fece la grandissima scoperta della direzione polare: al principio del decimosesto, quando ancora non conoscevasi la vera fisica, nacque l'altra, anch'essa interessante, della declinazione. Il Tevenot nel suo *Itinerario* (*a*) dice avere veduta una lettera di Pietro Adsiger del 1269, dove si discorre dell'ago, che declinava dal settentrione cinque gradi. Ma se vero è, che allor fosse già conosciuta questa declinazione, e non deggiasi dare piuttosto qualch'altra interpretazione alle parole lette dal Tevenot, d'uopo è dire, che andasse tosto in dimenticanza, poichè non se ne trova poscia menzione alcuna fino al secolo decimosesto. Non so con qual fondamento abbia voluto il Gilberto dare al Cabotto il primato di questa scoperta, che si contenta d'asserire semplicemente (*b*). Il Dellisle cita un manoscritto d'un piloto dieppese, chiamato Crignon, che nel 1534 fa parola di questa declinazione. Il Fontenelle narrando la storia delle scoperte in questa parte del Dellisle, dice, senz'allegar neppur egli verun fondamento, che il Cabotto fu il primo, che la pubblicasse nel 1549 (*c*). Non so cos'abbia scritto nel 1534 il Crignon, nè che abbia pubblicato nel 1549 il Cabotto: la prima notizia, ch'io ritrovi di tale declinazione è nella *Storia dell'Indie* di Gonzalo Fernandez d'Oviedo del 1535 (*d*), il quale fino dal 1513 a quel tempo per otto volte aveva attraversato l'Oceano, ed era per ciò praticissimo di navigazioni. Questi parla assai lungamente della direzione polare dell'ago calamitato, e della sua declinazione, e suppone un'assai antica notizia di tale fenomeno, poichè dice queste parole, come leggonsi presso il Ramusio (*e*): „ Si crede, „ che il diametro, o linea, che stendendosi da polo a polo at-

Primo suo inventore.

(a) V. Muschembroek *De magnet.* exper. XCVII. (b) Lib. I, cap. I.
(c) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1712. (d) *Hist. gen. y nat. de la India.*
(e) *Delle navigazioni* ec. tom. III.

„ traversa in croce la linea equinoziale, passi per le isole degli „ *Astori* (*Azzori*), perche mai non si ritrovano le punte diritte di „ ferri, e del tutto fisse da mezzo a mezzo nel polo artico, se „ non quando le navi o caravelle si ritrovano in quel pareg- „ gio, ed altezza ch'io diceva. E quando di questo termine „ escono verso queste parti occidentali, maistrezzano ben una „ quarta; e quando verso levante, gregolizzano un'altra quar- „ ta „; e tutto questo, come ognun vede, suppone una lunga serie di molte e replicate osservazioni dopo la prima scoperta di tale declinazione. Questa al principio volevasi credere come cosa accidentale; e il Medina (*a*) l'attribuiva a sbaglio de' marinaj; e il Nugnez o Nonio la ripeteva da dicadimento di forza sopravvenuto col lungo uso alla calamita. Ma si trovò sempre costantemente verificata, nè potè riferirsi a quelle, nè ad altre accidentali cagioni. Anzi si passò ad assegnare due linee di giusta direzione, una nel capo *delas Agulhas*, e l'altra a Canton nella Cina, e quindi dall'una e dall' altra banda si determinò la declinazione, come poscia diremo. Più certa e più notoria è l'origine della scoperta dell'inclinazione, ch'è un altro fenomeno dell'ago calamitato, il quale non si tiene perfettamente orizzontale, ma s'inchina più o meno dalla punta boreale nel nostro emisfero, e dall' australe nell'altro. Il primo ad osservare quest'inclinazione fu verso il 1576 Roberto Norman, il quale in un suo libro distintamente descrisse e la sua scoperta, e le diligenze, e fatiche, che dovè adoperare per correggerla (*b*). Così in varie guise s'accrescevano le cognizioni della calamita, e la dottrina magnetica riceveva sempre maggiore illustramento. Infiniti furono in tutto quel secolo i medici, i fisici, i matemati-

Inclinazione dell'ago calamitato.

Illustratori del magnetismo.

(a) Lib. VI, cap. III. (b) *Newt. attration* cap. III, IV.

ci, i nautici, che fecero sperienze, ed osservazioni, immaginarono opinioni diverse, e dotte opere scrissero intorno alla calamita. Quattordici proprietà diverse ne descrive il Cardano scoperte fino al suo tempo (*a*); e benchè non in tutte s'appiglia alla verità, e dà spesso giusta cagione di riprensione al Porta, al Gilberto, ed agli altri fisici posteriori, che meglio l'esaminarono, mostra nondimeno, che già allora s'era andato assai più avanti nella cognizione della calamita, che non si crede comunemente. Più profondamente s'internò il Porta nell'esame di questa materia. Raccolse eruditamente quante maraviglie potè rinvenire ne' libri, e nelle volgari tradizioni di questa pietra sì portentosa, le mise quasi tutte alla prova, rifiutando con filosofico candore quelle, che non trovava conformi alla verità, e colle replicate sue sperienze, ed assidue speculazioni ne scoprì alcune nuove, che sono poi state accertate da' fisici posteriori; e sebbene qualche difetto in alcune sperienze ed osservazioni lo tenne talvolta lontano dalla verità che cercava, egli può nondimeno riguardarsi come assai benemerito della scienza magnetica, e dovrà rispettarsi come uno de' primi, che ne abbiano scritto con qualch'esattezza (*b*). Il primo vero maestro, il primo fisico realmente esatto, il primo, che abbia ridotto a scientifiche dimostrazioni la dottrina del magnetismo, fu in quello stesso secolo Guglielmo Gilberto. Egli esaminò quella pietra fin dalla stessa sua culla, contemplandola ne' monti, e nelle miniere, che la producono, sminuzzò le sue parti, osservò la sua materia, e ne fece una sottile anatomía. Considerò ad una ad una le sue virtù, nè si contentò di conoscerle all'ingrosso, ma volle distintamente rintracciare la sfera, ed esten-

Cardano.

Porta.

Gilberto.

(a) Lib. unic. *De secr.* cap. v. (b) *Magn. nat.* lib. vII.

sione della loro attività, e la maniera, con cui l'esercitano. Inventò nuove sperienze, e nuovi stromenti, e nuovi apparati per eseguirle con esattezza. Paragonò la calamita col ferro, e la forza, che ha sopra questo con quella, che ha sopra un'altra calamita, e l'attrazione della calamita, e del ferro calamitato con quella d'altri corpi, che attraggono; seguì l'ago calamitato in tutti i suoi andamenti, e gli tenne dietro per tutte le parti del mondo per osservare da per tutto quali fossero stati ritrovati i suoi moti, quale la direzione polare, quale la declinazione, e l'inclinazione; insomma riguardò in tutti i suoi aspetti la calamita, l'esaminò con filosofica severità, e diede un'opera, che può dirsi la prima, che siasi scritta in materie fisiche con diligenza ed esattezza degna della moderna filosofia *(a)*. Ma ciò, che maggior fama guadagnò al Gilberto, fu l'analogía, che trovò molto perfetta fra la calamita e il globo terrestre; e come formò esattamente della calamita una terra, che chiamò *terrella*, o picciola terra, μικρογη, e che abbiamo di sopra detto essere stata già in qualche modo conosciuta nel secolo decimoquarto, e fece in essa varie sperienze, ed osservazioni, che molti nuovi lumi recarono a tutto questo argomento, così volle, che tutta la terra fosse una gran calamita, nella quale pur si vedessero gli effetti magnetici, e con questa mutua analogía spiegò assai felicemente tutti i fenomeni della calamita, e della bussola. Questa dottrina del Gilberto fu poscia abbracciata dal Galileo; e come tutto nelle mani di questo grand' uomo riceveva maggiori lumi, si vide da lui sposta più brevemente, e con maggiore forza e chiarezza *(b)*. Ma dove il Galileo superò di molto il Gilberto fu nell'accrescere la vir-

Galileo.

(a) *Tract. de magnete*. (b) Dial. III *De Sist.*

tù della calamita col mezzo dell'armatura; poichè dove il Gilberto non le aveva potuto dar forza che di sostenere il quadruplo al più del proprio peso, il Galileo giunse a farle sostenere un peso 26 volte maggiore del proprio, ed 80 volte più di quello, che sosteneva senz'armatura. De' quali fenomeni adduce fisiche e chiare ragioni, e contribuisce anch' egli all'illustramento della dottrina del magnetismo (*a*). Il trattato del Gilberto, e la maraviglia de' fenomeni magnetici, che s'erano resi più conosciuti, e comuni, eccitarono la curiosità di molti fisici a discutere questa materia. Celebri sono distintamente il Cabeo, ed il Kircher, e troppo superiori agli altri scrittori per lasciarli confusi con essi senza particolare rammemorazione. Il Cabeo in un gran volume, dove non asserì proposizione alcuna, che non l'avesse prima fondata su replicate sperienze, fatte anche alla presenza d'altre persone capaci di giudicarne (*b*), espose al pubblico tutte le maraviglie della calamita, sì per riguardo alla direzione polare, che rispetto all'attrazione; le verificò con nuove sperienze, e con nuove osservazioni, o fatte da lui stesso, e procuratesi da molt'altri, contemplò attentamente la natura di quella pietra, e vi ricercò la cagione de' suoi fenomeni, esaminò tutte le opinioni, corresse, e migliorò molti sperimenti ed apparecchj del Gilberto, e d'altri, n'inventò alcuni nuovi, che gli parvero più opportuni e più esatti, e fece un'opera, che ancora dopo il trattato del Gilberto venne rispettata come opera originale (*c*). Vasta erudizione, estese corrispondenze, letterarj viaggj, ingegnosa industria, indefessa laborosità presentarono al Kircher molte curiose ed utili novità ancor dopo tante scoperte de' fisici anteriori. Sperien-

Cabeo.

Kircher.

(a) *Lettera al Signor Curzio Pichena.* (b) Praef. (c) *De magnet. philos.*

ze nuove, inuditi risultati, fenomeni ancora non osservati, verità male intese da altri, errori vanamente abbracciati, e mille paradossi, e mille curiosità seppe egli ritrovare nella contemplazione della calamita; e la vivace e capricciosa sua fantasía gli formò un calcolo magnetico, una geometría, una statica, un'astronomía, una magía naturale, una geografia, una nautica, tutto magnetico, innalzò un amplissimo edifizio di tutte le scienze su' fondamenti della calamita, e fabbricò un mondo magnetico con magnetismo negli elementi, ne' misti, nelle piante, negli animali, ed in ogni cosa, e da per tutto sparse nuovi lumi di vera fisica in mezzo a' lampi d'una bizzarra immaginazione, e ad alcuni errori di vecchia preoccupazione (*a*). Colle fatiche, e colle speculazioni di questi, e d'infiniti altri dotti fisici e matematici, che tutti allora trattavano questa materia, si scoprirono molte virtù della calamita, e molti fenomeni dell'ago calamitato riguardo alla direzione polare; ma quella portentosa pietra era sì feconda di maraviglie, che, come dicevano gli accademici fiorentini, era molto più certamente dello scoperto ciò che rimaneva ancor da scoprire (*b*). Nelle stesse scoperte fatte da questi, e da altri fisici anteriori, o contemporanei v'era anche molto da verificare: la finezza degli stromenti, l'esattezza delle sperienze e delle osservazioni, e l'accortezza e riservatezza nelle conclusioni, che que' fisici adoperarono, erano bensì lodevoli, ed anche maravigliose per que' tempi, ma non potevano essere tali, che dovessero appagare la scrupolosa severità de' moderni. Non ardirono d'entrare in questa provincia gli accademici fiorentini, che pure sarebbono stati i più capaci di illustrarla felicemente, e si contentarono di fare soltanto tre

Accademia del Cimento.

(*a*) *Magnes sive de Art. magnet. Opus tripartitum*.

(*b*) *Saggio* ec. Parte II *Esp. della Calamita*.

o quattro sperienze, a cui furono condotti dal caso, o da qualche mira particolare *(a)*. Ma queste riuscirono sì eleganti, e sì esatte, che non disdegnò il dilicatissimo Muschembroek di prendere per norma il lor metodo, com'egli stesso confessa *(b)*. Il Boile, il Poliniere, e gli altri fisici sperimentali vollero tutti maneggiare la calamita, e verificarono bensì alcuni fenomeni, e diedero alcuni lumi a quella materia, ma non giunsero a produrvi tali scoperte, che in quell'abbondanza di maraviglie meritassero particolare celebrità. La reale Società di Londra, e l'Accademia di Parigi presero come uno de' principali oggetti delle letterarie loro fatiche l'illustrazione del magnetismo; e sperienze, ed osservazioni su la calamita, e sul ferro calamitato, su l'attrazione, e su la direzione polare occuparono lo studio, e le fatiche di molti accademici, e fermarono spesse volte l'attenzione di quelle dotte accademie, i cui atti sono pieni d'osservazioni, di memorie, di notizie, di riflessioni su' fenomeni magnetici, e su le loro cagioni, che hanno messo in molto miglior lume questa materia, e che servono di direzione, e di guida a quanti cercano d'illustrarla. Ma se ben è vero, che tutti i fenomeni del magnetismo sono tanto maravigliosi, e fecondi di nuove scoperte, che possono giustamente meritare le più diligenti disquisizioni de' fisici, ciò non pertanto la direzione polare ha recati tanti vantaggi alla navigazione, e diviene sì interessante per la società, che ad essa più che a tutte le altre hanno principalmente rivolte i filosofi le loro speculazioni.

Accademici di Londra, e di Parigi.

L'Allejo sopra tutti gli altri merita in questa parte la grata riconoscenza de' fisici, de' nautici, e di tutta l'umanità. Quanti viaggi, quante veglie, quante fatiche, quante ricerche, e

Allejo.

(a) Ivi. (b) *Tentam.* ec.; Ivi *Addit.*

quante meditazioni non ha egli impiegate per ben conoscere le variazioni, che soffre l'ago calamitato? La grande utilità di questo nella navigazione nasce dalla sua direzione verso il polo; ma questa direzione, come abbiamo detto, non è sempre giusta, trovandosi quasi da per tutto declinare più o meno, e soltanto in una o due linee essere esente di declinazione. Pure, se la declinazione fosse costante, si potrebbe con sicurezza correggere, nè recherebbe alcun pregiudizio alla sicurezza della navigazione; ma i fisici più diligenti trovarono in essa diversi cambiamenti, e nelle stesse variazioni notabilissime varietà. D'uopo era dunque cercar di conoscere tali variazioni, poterle in qualche modo calcolare, e fissare, e mettersi in grado di correggere la declinazione, e malgrado le incostanti sue variazioni sapere in qualunque luogo determinare col mezzo dell'ago la vera situazione, dove allor si ritrova l'osservatore. A quest'ardua impresa s'accinse coraggiosamente l'Allejo. Da un infinito caos d'osservazioni per mare e per terra, proprie, e d'altrui, formò un sistema, abbozzato bensì solamente, ed imperfetto, ma che servì nondimeno per regolare gli studj de' fisici, ed anche le osservazioni de' naviganti (*a*). Distese una carta geografica, nella quale segnò una linea esente di declinazione non meridiana, nè circolare, ma curva irregolare, che abbraccj tutto il globo terrestre, e che sia il termine donde contar si deggiano le declinazioni orientali ed occidentali; e poi sparse dall'una e dall'altra banda molt'altre curve co' loro numeri per indicare i gradi di declinazione, che soffre l'ago in que' luoghi. Questa carta di magnetica geografia fu fatta pel 1700, nè poteva adattarsi intieramente ad altri anni, se non colle de-

(a) *Phil. trans.* num. 148.

bite riduzioni. Voleva per questo l'Allejo stabilire un periodo del corso di tale declinazione. L'incertezza, e incostanza di quelle variazioni, e la poca sicurezza delle precedenti osservazioni non gli permettevano di fissarlo colla conveniente giustezza. Il Philips aveva immaginato un periodo di 370 anni per questa rivoluzione; ed altro il Bond di 600 (*a*): l'Allejo credè doverlo distendere a 700; ma sempre con dubbietà ed incertezza. Grand'impressione fece in tutta l'Europa il sistema dell'Allejo. Il la Hire, ed altri accademici sperarono di trovar nuovi lumi per l'investigazione delle cagioni delle variazioni magnetiche; e facendo su una *terrella* di 100 libbre di peso, e d'un piede di diametro tutte le sperienze della direzione polare, crederono poter attribuire quelle variazioni a' diversi ammassi magnetici, che si ritrovano nel globo terrestre (*b*). Le osservazioni de' fisici, e de' marini furono co' lumi dell'Allejo più diligenti ed accurate; si cercò di dare alla bussola ed all'ago maggiore finezza (*c*), e s'introdusse nella fisica magnetica una notabile rivoluzione.

Dellisle.

Grande fu la scoperta, che fece poco di poi il Dellisle, d'una nuova linea esente anch'essa di declinazione, che apportò a' fisici nuovo cambiamento d'idee su le variazioni dell'ago (*d*). Colla meditazione su otto giornali di piloti diversi dovè in parte riformare il sistema dell'Allejo per riguardo alle variazioni di nord-ouest di qua dalla linea, e di nord-est di là dalla medesima. Ma su le osservazioni d'un vascello francese, che si recò alla Cina pel mare del sud, trovò una linea esente di declinazione, che non è una curva irregolare come l'allejana, ma attraversa il mare del sud da settentrione a mez-

(a) *Treatise long found*. (b) *Acad. des Sc.* an. 1705, 1708, ec. ec.

(c) *Trans. phil* n. 320, 371 ec. *Acad. des Sc.* an. 1705, 1708 ec.

(d) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1710, e 12.

zogiorno come una meridiana. L'Oviedo fissò la linea senza declinazione nelle Azzori *(a)*; poi si trovò una tale linea pel capo *de las Agulhas*, presso il capo di *Buona-Speranza*, e per Canton nella Cina. L'Allejo la collocò nelle Bermude per una parte, e per l'altra in una linea 100 leghe lontana da Canton. Il Dellisle pensò, che la stessa linea, che l'Allejo faceva passare per le Bermude al suo tempo, fosse passata nel 1600 pel capo *de las Agulhas*, e per Canton quella, che egli segnava 100 leghe di là lontana; onde mentre la prima si moveva da levante a ponente, quest'ultima al contrario si sarebbe lentamente recata verso l'oriente. Quindi passa a sospettare, che la linea, che si osservava traversare allora il mare del sud, fosse altra volta passata per le Azzori, e si fosse mossa da levante a ponente. La linea delle Bermude aveva al levante la declinazione di nord-ouest, ed al ponente di nord-est, ed al contrario affatto quella della Cina. Ma la linea del mar del sud aveva da tutte due le parti la declinazione di nord-est. Il Bellin nel 1757 fece parimente una carta delle variazioni magnetiche, alla quale hanno data in questi dì maggiore celebrità le dispute del Monnier, e del Cook, e che gli spagnuoli, che nel 1785, 1786 fecero il viaggio allo stretto di Magallanes, con diligenti e replicate sperienze trovarono assai esatta nelle immediazioni della linea; ma non così ne' siti meno vicini *(b)*. Mille altre osservazioni, e mille nuove riflessioni facevansi da' fisici e da' matematici, che alcune novità, e differenze introducevano nel sistema dell'Allejo, ma che spesso anche servivano a confermarlo; e certo è, che la dottrina allejana è stata, e si può dire ch'è ancora la guida degli studiosi di questa mate-

(a) *Hist.* ec. lib. II, c. XI.

(b) *Relac. del ult. Viage al Estrecho de Magallanes* part. I, pag. 12.

Declinazione dell'ago.

ria. La direzione polare dell'ago doveva aver qualche relazione colle longitudini; l'inclinazione del medesimo sembrava averla colle latitudini, ed alcuni anche volevano risolvere colla medesima il problema delle longitudini. Le macchine per l'ago inclinatorio inventato dal Graam, e da altri ingegnosi, ed istrutti artefici, e le molte osservazioni fatte dal Noell, dal Pound, e da altri parecchj provano l'impegno, che i buoni fisici avevano di ben conoscere l'inclinazione dell'ago. Questo studio, questi pensieri, queste ricerche su l'inclinazione, e su la declinazione dell'ago non toglievano, che non si occupassero eziandio i fisici nel rintracciare gli altri fenomeni della calamita; e infatti per tutto ciò, che risguarda le attrazioni magnetiche l'Hauksbeo, il Tailor, il Whiston, e parecchj altri nuove macchine, e nuove sperienze inventarono, e discoprirono nuove e curiosissime verità *(a)*. Ma il più pieno, più esatto, e più istruttivo trattato su tutti i punti della calamita è la lunga dissertazione, che ci ha lasciata su la medesima il Muschembroek *(b)*. Egli è realmente un nobile vanto di quell'insigne olandese, che in qualunque materia, che ha preso a trattare, abbia saputo trovare interessanti novità, e che in ciascuna deggia essere riconosciuto da tutti come il supremo oracolo, alle cui decisioni bisogna arrendersi; ed è poi non minore vantaggio della fisica, che a quasi tutte le sue parti abbia egli rivolte le ingegnose, e instancabili sue ricerche. La dottrina magnetica dèe a lui certamente infiniti lumi, ed ancor dopo le fatiche di tanti illustri fisici, e nautici, che tanto ebbero a cuore il rischiarimento delle magnetiche proprietà, dal Muschembroek riconosce principalmente il suo lustro, da lui riceve la consi-

Muschembroek.

(a) *Trans. phil.* n. 335, 368, al. (b) *Dissert. de Magnete*.

stente e sicura sua sodezza. Che ingegno, che industria, che arte, che pazienza, e laboriosità nell'inventar tanti, e sì utili stromenti ed apparecchj, nell'immaginare ed eseguire sì sottili e dilicate, sì opportune e decisive sperienze, ed or distruggere un radicato pregiudizio, ora stabilire un'incerta, o vacillante verità, or rinvenirne una nuova da nessuno subodorata, or fare nuove originali scoperte, or trovar nelle altrui notabili miglioramenti, e recare da per tutto novità, scoperte, lume, vigore, saldezza, e stabilità! L'attrazione della calamita e del ferro, le materie attratte, la forza dell'attrazione, la sfera, e la direzione della sua attività, le malattie, per così dire, della calamita, ed i suoi rimedj, la direzione polare, la declinazione, l'inclinazione, l'armatura della calamita, la costruzione dell'ago, quanto appartiene a queste materie, tutto viene da lui trattato coll'impareggiabile sua diligenza e maestría, tutto è arricchito di nuovi, e più fini stromenti, tutto è illustrato con nuove e più acconcie sperienze; nè si può toccare punto alcuno del magnetismo, in cui non debbasi ricorrere a' lumi del Muschembroek, e consultar il sacro e verace oracolo della sua dissertazione.

Miglioramenti della bussola.

Pur nondimeno ancor dopo questa hanno trovato i fisici nella calamita soggetto d'interessanti ricerche, e si è veduta l'immensa fecondità del magnetismo, che non potè venire esaurita dalla diligenza di sì gran fisico, dalle fatiche d'un Muschembroek. Il miglioramento della bussola era il grande oggetto, che chiamava l'attenzione di quanti potevano contribuirvi co' loro lumi. Qualche cosa abbiamo altrove toccato su questo punto *(a)*; ma riservandoci al presente Capo, come al proprio suo luogo, il riportarne ulteriori notizie al-

(a) Lib. I, cap. VII.

Compasso di variazione.

lora non accennate. Il compasso di variazione per osservare in mare la declinazione dell'ago abbisognava ad un medesimo tempo di due osservatori, che precisamente al levare o al tramontare del sole facessero contemporaneamente nello stesso momento due diverse osservazioni; ed era difficile, che due osservatori in mezzo a' moti della nave s'accordassero perfettamente nel momento dell'osservazione, nè era possibile trovarsi tutti i giorni in situazione da vedere distintamente il levare o il tramontare del sole. L'importanza della materia indusse l'accademia di Parigi a proporre un premio per la dovuta correzione di que' difetti. Li conobbe praticamente il Condamine in una navigazione per le coste di Barbería e di Levante nel 1730; e però nel 1733 propose di farvi alcuni cambiamenti, onde un solo osservatore potesse eseguire ad uno sguardo tutta l'operazione, e ciò in qualunque situazione della nave, ed a qualunque ora del giorno, eccettuato il punto preciso del mezzodì. Nell'anno seguente fece il Godin a questo compasso del Condamine una semplicissima addizione, colla quale lo rese acconcio per poter osservare la declinazione a tutte l'ore, non sol del giorno, ma altresì della notte. Altra correzione propose il Meinier; ed altri fisici e matematici inventarono altri miglioramenti al compasso di variazione, ed all'ago calamitato, e diedero nuovi lumi alla dottrina del magnetismo. Più strepitosa rivoluzione sentì questa verso la metà del presente secolo colle nuove invenzioni

Calamite artifiziali.

su le calamite artifiziali. Il desiderio d'accrescere la forza direttrice dell'ago fece studiare la maniera di comunicare al ferro forza maggiore che non gli era stata ancor data coll' ajuto delle migliori calamite. Il Knight inventò allora le sue sbarre magnetiche, e le calamite artifiziali, che senza contatto alcuno della calamita acquistarono una forza superiore

Knight.

a tutte le calamite, ed a tutti i ferri calamitati. L'importanza, e la singolarità dell'invenzione eccitò la curiosità di tutti i dotti: il Folkes, e il Jones, a cui egli ne fece parte, vollero presentarla alla reale Società di Londra; questa diede ne' suoi atti un estratto onorifico delle operazioni del Knight (*a*); e tutta la nazione prendeva molto interesse in questa vantaggiosa scoperta. Vedevansi pezzetti d'acciajo di forza e maggiore, e più durevole degli altri, che per l'avanti si conoscevano. Non v'era d'uopo d'avere una buona calamita, e risparmiavansi però le ricerche, e le spese, che costava frequentemente il suo acquisto. Potevansi adoperare verghe d'acciajo perfettamente duro, e schivare così la pena di dover cambiare spesse volte nelle navigazioni l'ago della bussola; e se mai gli aghi di tale nuova forma avessero bisogno di essere ritoccati, ciò poteva eseguirsi con somma facilità; mentre al contrario vediamo nel Muschembroek quanto fosse lungo e brigoso il calamitare perfettamente i soliti aghi. Tutti questi vantaggi accendevano nel pubblico maggior ardore d'essere al fatto dell'artifizio di tali spranghe calamitate; ma il Knight ne faceva un mistero, nè voleva svelare ad alcuno il suo interessante secreto. Intanto il le Maire in Parigi fabbricava senza verun arcano calamite artifiziali assai più forti delle comuni, coll'attaccare la spranga d'acciajo, che voleva calamitare, sopra un'altra del medesimo metallo; e il Duhamel gli era spesse volte compagno in questa semplicissima operazione, e testimonio de' sorprendenti suoi effetti. Due spranghe del Knight, come due preziose reliquie capitarono poscia in Francia, una al Reaumur. e l'altra al Buffon, e queste richiamarono al Duhamel la memoria delle ca-

Duhamel.

(a) *Trans. phil.* an. 1746.

lamite artifiziali del Maire. Si provò tosto in compagnía di questo a fare sperienze del suo metodo in alcune lame, o punte di spada di grandezza diversa, collocando l'una sopra dell'altra alla maniera del le Maire; la picciola lametta attaccata ad altra maggiore guadagnava forza attrattiva, mentre al contrario la grande ne perdeva, accrescevasi notabilmente la forza della lama calamitata con questa operazione, e varj altri fenomeni vedevansi con sorpresa de' dotti fisici. Dopo tali sperienze del Duhamel formò il le Maire una calamita artifiziale, che portò ancora più avanti la forza magnetica, e ch'essendo composta di 36 spranghette, che tutte insieme pesavano sei libbre, tirava un peso di libbre 45 (*a*). Nuove notizie su le calamite del Knight stimolarono il Duhamel a farvi nuove ricerche, e in compagnía dell'Antheaume, dotto fisico, e versato nel perfezionamento delle bussole, intraprese nuove sperienze. L'esito corrispose felicemente alle loro brame, e col nuovo processo, e colla nuova operazione, che inventarono per le calamite artifiziali, giunsero a dare ad esse una forza uguale, e forse ancor superiore a quella delle sbarre calamitate del Knight (*b*). Altro metodo per fare le calamite artifiziali inventò il Michell (*c*); altro il Canton (*d*), altro l'Epino (*e*), ed altri altri fisici, e meccanici, e s'è venuto così sempre più accrescendo la virtù magnetica, e si sono recati viemaggiori lumi alla magnetología. Quale onore non è stato per questa il vedersi studiosamente trattata non solo da' più illustri fisici, ma dal Lambert (*f*),

Antheaume, ed altri.

(a) *Acad. des Sc.* an. 1745. (b) *Acad. des Sc.* 1750.

(c) *Méthode pour faire des aim. artif.*

(d) *Maniere de faire des aim. art sans se servir des naturels.*

(e) *Diss. sur les aiguilles de bussole. Nov. Comment. Petr.* tom. VII, al.

(f) *Acad. de Berlin* tom. XXII.

dall'Eulero (*a*), da Daniele Bernoulli (*b*), da' più sublimi geometri, da' principi delle matematiche? Il Bernoulli singolarmente merita la riconoscenza degli studiosi fisici, perchè oltre l'avere illustrata con sottili calcoli tutta la dottrina del magnetismo, e particolarmente la teoría dell'inclinazione dell'ago, s'adoperò anche meccanicamente a questo fine inventando uno stromento per meglio osservare la medesima inclinazione, che ha poi servíto a preferenza di tanti altri a regolare le delicate osservazioni de' fisici posteriori (*c*). Il magnetometro del le Roi (*d*), e le sperienze del Blondeau (*e*), le osservazioni del Duhamel, e del Cotte (*f*), i calcoli del Coulomb (*g*), e principalmente le sperienze, i ragionamenti, le teoríe, e le scoperte dell'Epino (*h*), e del Lous (*i*) ci darebbono copioso argomento d'eruditi e lunghi discorsi, se la stessa copia, e' ricchezza non ci obbligasse a contentarci di rammentare soltanto i nomi de' loro autori, e commendare in generale il loro singolar merito, senza poterci diffondere distintamente in quelle lodi, che le dotte loro fatiche giustamente richiedono.

Ma come nondimeno rimanerci di fare particolare commemorazione delle indefesse ricerche, delle profonde speculazioni, delle infinite scoperte, che le sperienze, lo studio, l'industria, e l'ingegno del van Swinden hanno prodotto alla

Van Swiden.

(a) *Acad. de Berlin* tom. XIII. *Diss. magn.*

(b) *Journ. des Savans* an. 1757, al.

(c) *Acad. Helv.* tom. III; *Acad. Petrop. Nov. Comm.* tom. XIV; *Observ. magnet.*

(d) *Mém. sur les montres marines.*

(e) *Mém. de l'Acad. de marine* tom. I.

(f) *Traité de météor.*

(g) *Mém. ec. présent. à l'Acad. des Sc. par divers Sav.* tom. IX.

(h) *Tent. Theor. electr. et magnet.*, *Acad. Petrop. Comm. nov.* tom. IX, X, XII, al.

(i) *Tent. exper. ad comp. naut. perf.*

magnetología (*a*)? Quell'illustre olandese, quell'istancabile fisico, quel degno successore del Muschembroek nell'onorare la fisica e la sua nazione esaminò i fenomeni dell'ago magnetico con una diligenza, sottigliezza, e perspicacità, di cui la storia delle scienze ci dà pochissimi esempj. Vuole egli calcolare il moto degli agi calamitati? Esamina i principj, di cui si dèe far uso per tale calcolo, e gli applica ad ogni sorta di aghi, agli aghi, il cui asse prolungato passa pel centro del moto, agli aghi che non hanno che due poli, a quelli che n'hanno più, agli aghi posti perpendicolarmente fuori del centro del moto, ad altri postivi obbliquamente, agli aghi lineari, alle lame, o a' composti di molti simili aghi, agli aghi divergenti, agli aghi curvi, e agli aghi d'ogni maniera, e in tutto adopera esatti calcoli, replicate sperienze, varie osservazioni, sodi ragionamenti. Esamina il ferro, e l'acciajo, di cui deono farsi gli aghi, il metodo di calamitarli, e d'esaminare dopo calamitati la forza de' poli, il loro numero, e la situazione del centro magnetico, la maniera di sospenderli nelle bussole, e d'assicurarsi, che sieno nel vero meridiano; ed insomma quanto può risguardare gli aghi magnetici, tutto viene da lui pesato, e cribrato colla più scrupolosa, e dilicata accuratezza; tutto egli volge, e rivolge in tutti gli aspetti, in tutto presenta sinceramente la dottrina degli altri fisici, conferma, o corregge, riforma e migliora le loro osservazioni, i loro metodi, i loro sentimenti, inventa nuovi metodi, nuove sperienze, nuovi stromenti, propone nuove teoríe, e nuove leggi, e discute a fondo, e pienamente tratta, e maestrevolmente spiana, e dispiega quanto può contribuire ad illustrazione del suo argomento. Le variazioni dell'ago so-

Variazioni dell'ago.

(a) *Tent. Theor. Math. de Phoenom. magnet.*; *Recherch. sur les aiguilles aimantées* tom. VIII; *Mém.* ec. *prés. à l'Acad. Royale des Sc.* ec., al.

no state il soggetto delle osservazioni, delle veglie, e fatiche de' moderni fisici. Sono curiose le osservazioni dello spagnuolo don Felice Cepena, riportate in un'opera francese stampata anni addietro in Parigi (*a*), fra le quali si vede essersi osservato, che cresce la declinazione dell'ago nelle ecclissi solari, non nelle lunari. Il Cotte vuole, che l'Evelio sospettasse già nel 1682 qualche variazione diurna della declinazione dell'ago (*b*). Del 1682 appunto riporta il Muschembroek le prime osservazioni di quella, non già dell'Evelio, ma del Tachard, e d'altri gesuiti nel regno di Siam (*c*). Non sono queste assai sicuro monumento per asserire a que' dotti missionarj la prima cognizione di tale fenomeno. Più chiara si mostra questa nelle osservazioni del Poleni, il quale osserva, che la declinazione non è costante in tutte le ore del giorno, e che la differenza d'un'ora all'altra giunge ad alcuni minuti (*d*). Ma il primo a fare diligenti osservazioni su tali variazioni fu il Graham nella fine del 1722, e nel principio del 1723; e poscia il Canton nel 1756 cominciò a farle più assidue, e più esatte. L'Asclepi in Roma, ed oltre varj altri in tutta l'Europa, ii Blondeau, e principalmente il Cotte, ed il Duhamel nella Francia, il Celsius, e il Wargentin nella Svezia, e nell'Olanda il van Swinden hanno ridotta ad evidenza questa variazione diurna, benchè finora non se ne sieno ancora scoperte stabili leggi. Non riferirò lo studio de' fisici su l'influenza dell'aurora boreale nelle variazioni magnetiche, verificata con tante osservazioni in Tornea, in Istokolma, in Tirnavia, in Londra, e in molt'altri siti, ma trovatasi da per tutto irregolare; non le diverse teoríe, che l'Epino, il van Swinden, il Cotte, ed altri moderni

(a) *Espagne litteraire* ec. (b) *Mém. pour servir de suppl. au Traité de Méteor.*

(c) *Diss. de magn.* pag. 156. (e) *Trans. phil.* tom. XXXVII, n. 421.

hanno proposto su l'analogía del magnetismo, e dell'elettricità; non del magnetismo medico, che replicate volte ha chiamata l'attenzione de' fisici e de' medici, e che recentemente per opera del troppo famoso Mesmer ha fatto tanto strepito nella Francia, e in tutta l'Europa; non mille altri punti appartenenti alla magnetología, che ci impegnerebbero in troppo lunghi discorsi senza poter trovar fine a quest'argomento; mentre ci chiama a sè l'elettricità, che è stata forse ancor più feconda di portentose scoperte che l'ora descritto magnetismo.

Elettrología. Buon per noi, che il du Fai, il Dabilard, ed altri moltissimi ci hanno date distese storie di questa curiosa parte della fisica, e sopra tutti recentemente il Priestlei ha sposta in più volumi ampiamente con molta diligenza ed erudizione tutta la storia dell'elettricismo. Potremo pertanto rimettere liberamente i lettori a queste storie; e per non lasciare affatto in silenzio un ramo sì interessante della storia della fisica contentarci d'additare soltanto le principali scoperte, dove nondimeno qualche cosa accenneremo non toccata da quegli storici, e chiudere così finalmente questo già troppo lungo capo della fisica particolare. Noto è, che gli antichi, non solo i greci, ma gli egiziani, i siri, i romani, ed altri conobbero nell'ambra la virtù d'attrarre le paglie (a); e dal nome ἤλεκτρον, dato da' greci all'ambra, è venuto il chiamare elettricità una tale virtù attrattiva in qualunque corpo la ritroviamo. Ma sino al secolo decimosesto questa fu l'unica cognizione, che avessero i filosofi dell'elettricità. All'ambra aggiunsero poi il gagate, come fornito d'una virtù attrattiva simile a quella dell'ambra, e di questi due corpi, come dice

(a) Plin. lib. XXXVII, cap. II e III.

il Gilberto (*a*), scrissero molti moderni, senz'addurre però sperienze, nè dimostrazioni, con sole parole oscure e vane, senza verun vantaggio della filosofia. Ma l'or citato Gilberto spiegò la virtù di questi corpi, e la scoprì anche in molti altri. L'applicò non solo ad attrarre le paglie, ma tutti i corpi sensibili e sodi, osservò molte circostanze interessanti, fece opportune sperienze, e cominciò a formare un ramo di fisica della dottrina dell'elettricità (*b*). Infatti il Cabeo dopo di lui trattò più lungamente questa materia, accrebbe il numero de' corpi elettrici, trovò molte ragioni di differenza fra le attrazioni elettriche, e le magnetiche, e riformò in alcuni punti la dottrina del Gilberto (*c*). Il Paulian (*d*) si lamenta degli storici dell'elettricità, perchè non hanno dato il suo luogo a Cartesio fra' primi fisici elettricisti; ed egli infatti varie nozioni gli attribuisce originali, e giuste, che gli danno ogni diritto per collocarlo fra' primi maestri dell'elettricità (*e*). Ma oltre i meriti del Cartesio riferiti dal Paulian potremo forse con uguale diritto dargliene un altro, e derivare da lui il principio delle due elettricità, *resinosa*, e *vitrea*, sposto poi dal du Fai, e da molt'altri fisici; perciocchè avendo egli spiegata la maniera d'operare dell'ambra, cera, resina, e d'altri corpi oleosi (*f*), dice, che tutt'altro accade nel vetro, ed entra a cercare in esso la cagione dell'attrazione (*g*). Alcune sperienze fecero di poi gli accademici fiorentini (*h*); e parecchie più il Boile, il quale le variò in molte guise, ritrovò molte nuove verità, e ridusse ad una più giusta dottrina la teoría dell'elettricismo (*i*). Ma forse dèe ancor più questa

Gilberto.

Cabeo.

Cartesio.

(a) *De magnete* lib. II, cap. II. (b) Ibid.

(c) *Magnet. phil.* lib. I, cap. XVII, e al. (d) *Syst. gen. de phil.* tom. IV.

(e) *Lettr. hist. sur l'Electric.* (f) *Princ.* part. IV, CLXXXIV.

(g) Ivi CLXXXV ec. (h) *Saggio* ec. part. II; *Esper. dell'Ambra* ec.

(i) *De mech. electr. product.*

Guericke. scienza al Guericke, poichè egli lavorò una palla di zolfo, colla quale potè meglio eseguire le sperienze, e diede con essa una macchina elettrica, la prima che siasi veduta da' fisici, e che ha poi potuto servire di modello a tant'altre macchine più, e più perfette. Gli antichi, ed anche i moderni conoscevano soltanto ne' corpi elettrici l'attrazione: il Guericke fu il primo a scorgere la scintilla, e il picciolo strido, che poi sentì più chiaramente il Wall, benchè nè l'uno, nè l'altro n'avessero ancora formata una giusta idea, e fece alcune altre scoperte, che non sono state riconosciute da' fisici, che molt'anni dippoi (*a*). Ad onore dell'elettricità possiamo contare fra' suoi coltivatori il gran Newtono, al quale

Newton. dobbiamo l'osservazione de' varj movimenti de' piccioli corpicciuoli attratti dal vetro elettrizzato, e quindi dell'attrarre, che fa il vetro tai corpicciuoli pel lato opposto, e una qualche idea d'un fluido elastico trasmesso da' corpi elettrici (*b*). Ma chi incominciò a rendere veramente scientifica la dottrina dell'elettricità fu nel principio del presente secolo l'Hauksbeo.

Hauksbeo. Egli esaminò in varj corpi la diversa loro virtù elettrica, formò globi di vetro, di resina, di zolfo, e d'altre materie elettriche, e trovò nel vetro, come aveva già prima osservato il Cartesio, la virtù più forte, ed attiva, che in tutti gli altri; fu il primo a dare una chiara idea della luce, e delle scintille de' medesimi corpi, e distinse in essi l'attrazione, e la ripulsione, la proprietà d'attrarre, e quella di spander lume, e la differenza de' globi vuoti, e de' pieni d'aria; prese molti nuovi oggetti nelle sue speculazioni, produsse molte nuove scoperte, ci diede molte curiose osservazioni, e

---

(a) *Exper. Magdeb.* lib. IV, cap. XV.

(b) *Optic.* quest. XXII ec. V. Birks *Hist. of the Soc.* vol. III.

fece cambiare d'aspetto tutta l'elettricità (*a*). Pure l'Hauksbeo non giunse a conoscere la comunicazione dell'elettricismo, nè a distinguere i corpi elettrici per sè stessi, e gli elettrici per comunicazione: il Grey soltanto nel 1727 osservò, che si comunicava ad ogni lunghezza rapidissimamente l'elettricità, e dopo qualch'anno discoprì anche, che non a tutti i corpi comunicavasi, e che bisognava isolarli, o tenere su' corpi idioelettrici quelli, a cui si volesse comunicare; ritrovò altresì, che a' corpi animali, agli uomini, ed a tutti gli altri si comunica l'elettricità; trovò la maniera di conservare per molto tempo l'elettricismo; e fece insomma sperienze, ed osservazioni da potervi formare una qualche teoría (*b*). Meglio riuscì in questa parte il suo contemporaneo du Fai, il quale stabilì il principio, che i corpi elettrici attraggono quelli, che non lo sono, e li risospingono tosto che colla vicinanza, o col contatto degli elettrici lo divengono anch'essi. Il medesimo credè di avere scoperto un altro principio di due specie d'elettricità, una vitrea, e l'altra resinosa, e sebbene questa sua scoperta non venne allora abbracciata da' fisici, e rimase poscia abbandonata da lui stesso, e dagli altri fisici posteriori, gli fu nondimeno occasione di fare molte curiose osservazioni su l'elettricità differente de' diversi corpi idioelettrici, e venne poi anche dopo alcuni anni rinnovata dal Symmer, e da molt'altri (*c*). Fra le molte e varie scoperte del du Fai la più strepitosa fu quella di ricavare la scintilla elettrica dagli uomini, e dagli animali. Il Grey aveva trovato in essi la comunicazione dell'elettricità, ma soltanto provandola coll'attrazione, e con altri segni, senza pensare alle scintille: il du Fai, che aveva per ajutante,

Grey.

Du Fai.

(a) *Physico-Mech. exper.* (b) *Phil. trans. abrég.* vol. VI, VII, al.

(c) *Lettr. de Franklin* p. 25 ec. ec.

e compagno nelle sperienze il Nollet, fu il primo a ricavare le scintille dagli animali, e dall'uomo *(a)*. Qual dolce sorpresa, quale inaspettato piacere per que' due attenti sperimentatori! Qual maraviglia per tutta la colta Europa! quale rivoluzione d'idee pe' dotti fisici! quale gloria, qual vanto, qual rinomanza per la dottrina ancor nuova, vacillante, ed oscura dell'elettricità! Più, e più scoperte facevano ogni giorno il Grey, e il du Fai, e tante novità, e maraviglie, che dalle loro sperienze venivano, invitavano tutti i fisici a studiare con avidità questo punto. Il Desaguliers colla solita sua accuratezza replicò le sperienze inventate dagli altri, ne fece altre sue, e assicurò, e mise in chiaro molte leggi, e molti principj, che hanno regolata anche posteriormente la dottrina dell'elettricità *(b)*. Il Boze, l'Allaman, il Watson, ed alcuni altri immaginarono miglioramenti alla macchina, inventarono nuove sperienze, ed arricchirono questa parte della fisica con nuove verità *(c)*. Non poteva una materia sì luminosa guardarsi con occhio indifferente dal gran fisico Muschembroek; ed egli infatti vi arrecò un singolarissimo vantaggio coll'invenzione, che alcuni attribuiscono al Cuneus, o almeno colle sperienze della famosa *boccia* detta *di Leida*, accumulando pel suo mezzo molto maggiore elettricità, producendo oltre l'attrazione ed il lume molto più vivo una gagliarda, ed inaspettata percossa, e facendo così cambiare d'aspetto, ed acquistare nuove forme, e maggiore forza, ed attività tutti i fenomeni elettrici. Gran rivoluzione cagionò nelle idee de' fisici quella boccia, e la singolarità del fenomeno agitò molto i loro ingegni per farli pensare a nuove sperienze, e ricercar nuovi risultati. Il Nollet singolarmente,

Boccia di Leida.

Muschembroek, ed altri.

(a) *Acad. des Sc* an. 1733, 1734, al. (b) *Trans. phil* an. 1741, 1742, al.

(b) Priest. *Hist. de l'electr.* tom. I.

che s'era già fatto conoscere per le sue osservazioni, e teoríe elettriche, colse avidamente questa nuova maraviglia per distendere più le forze, e la fama della sua diletta elettricità. Egli pensò a far sentire a centinaja di persone ad una volta la scossa elettrica, che il Muschembroek non seppe dare che ad una sola. Egli comunicò agli uccelli, e ad altri animali la medesima scossa, e giunse a darla sì forte da torli con essa di vita. Egli trovò, che introducendo il conduttore dentro un vaso di vetro vuoto d'aria si produceva il medesimo, e forse anche maggiore effetto che nella sperienza di Leida, e con questo non meno che cogli altri sperimenti recò molto maggior lume alla teoria di quel fenomeno. Oltre il Nollet si distinse in simili sperienze il medico le Monnier; e dopo aver provata la comunicazione quasi istantanea dell'elettricità nella distanza di più miglia in mezzo ad alberi, a terreni diversamente lavorati, all'acqua, e ad altri corpi, provò, che la sola condizione veramente generale per comunicare l'elettricità è l'avvicinamento d'un corpo attualmente elettrico (*a*). Gl'inglesi Watson, Bevis, Wilson, ed altri contribuirono parimente al maggiore lustro di questo fenomeno: inventarono miglioramenti per l'armatura della boccia, variazioni delle sperienze per gli effetti diversi, e mille nuove scoperte su la comunicazione dell'elettricità per terra e per acqua, per siti umidi, e per siti intieramente secchi senza vicinanza alcuna dell'acqua, su l'instantaneità di detta comunicazione, e su altri punti curiosi; e tutto ciò provarono con sì esatti metodi, e con isperienze fatte talmente in grande, che recarono maraviglia, non che agli altri elettricisti, all' istesso inventore di quella sperienza, il Muschembroek (*b*).

(a) *Acad. des Scien.* an. 1746.

(b) Wilson *Essai*; *Lett. al. Phil. trans. abrig.* vol. x.

Tutti questi, e molt'altri fisici non solo fecero sperienze, e procacciarono nuovi lumi sul fenomeno della rinomata boccia di Leida, ma studiarono altresì profondamente, ed illustrarono gli altri punti dell'elettricità. La scoperta di essere i tubi o globi di vetro solamente motori, o determinatori della forza elettrica, la circolazione completa della materia elettrica, la differenza delle atmosfere de' corpi pel libero passaggio della medesima, ed alcune altre scoperte resero celebri i nomi del Watson, e del Wilson nella storia dell'elettricità. Il le Monnier trovò la comunicazione dell'elettricità non in ragione delle masse, ma bensì delle superficie, ed anche delle figure (*a*). Il Boulanger con molta diligenza, ed esattezza determinò in differenti materie il grado maggiore, o minore d'elettricismo, di cui erano suscettibili. Il Miles, lo Smeaton, il Gordon, ed altri parecchj arrecarono nuovi lumi su tutti questi argomenti: noi rimettiamo i lettori alla *Storia* del Priestley, che distintamente gli spiega tutti (*b*), e ci fermiamo soltanto a riguardare distintamente il principe degli elettricisti, il famoso Nollet. Non fatica, non ispesa, non briga, nè difficoltà poterono trattenere il Nollet dal discutere profondamente ogni punto appartenente all'elettricità. Non v'ha sorta alcuna di sperienza, ch'egli non abbia tentata; non v'ha questione, a cui non abbia apportato qualche lume; nè scoperta, che non gli deggia rischiarimenti, od ampliazioni, ed in cui non abbia avuta qualche parte; e il Nollet sì nelle sue proprie scoperte, che nelle altrui fu a ragione rispettato come il primo dottore, e maestro dell'elettricità (*c*). Odore, calore, atmosfera, attrazione, scintille, scos-

Nollet.

(a) *Acad. des Scien.* an. 1746.

(b) *Hist. de l'electr.* prem. part., period. VIII.

(c) *Recherch.* ec. *Lettr. Leçon de phys.* ec.

se, evaporazioni, tutto egli osserva con replicate e varie sperienze, esamina l'elettricità ne' fluidi e ne' solidi, ne' fossili, ne' vegetabili, e negli animali, ne' corpi elettrici per sè, e negli elettrici per comunicazione, considera distintamente tutti gli effetti, riflette alle più picciole circostanze, e da per tutto spande i lampi dell'acuto suo ingegno, e lo splendore del sublime suo sapere. Egli spose le prime, e ragionate idee dell'elettricismo medicale, che poi portarono tropp'oltre alcuni fisici; ed a lui parimente deesi la prima cognizione dell' analogia, che fra l'elettricità ed il fulmine si ritrova, che fece poi sì glorioso nome al Franklin. Pieno di fatti, e ben fornito di sperienze, e d'osservazioni s'accinse a stabilire un sistema, che abbracciasse tutti i fenomeni dell'elettricità, e colle due correnti d'elettricità *affluente*, ed *effluente* crede potere spiegare ogni cosa, e sciogliere le più inestricabili difficoltà. I fenomeni elettrici avevano fin allora eccitata soltanto la maraviglia, e tenevano stupefatti, e sospesi gli animi de' filosofi, senza che ardisse nessuno di penetrare nella ricerca della cagione: il Nollet fu il primo, che s'inoltrasse a voler rendere intelligibili quegli arcani, e ricercasse fisicamente la ragione di ciò, che sembrava soltanto un mistero, e un portento della natura. Grande strepito mosse nelle scuole, e nelle accademie il sistema del Nollet: molti si dichiararono suoi partigiani, e cercarono nuove sperienze, e nuovi fatti per illustrarlo, e per rassodarlo; altri al contrario non lo trovavano assai sicuro, l'impugnavano con forti ragioni, inventavano nuove sperienze, opponevano fatti a fatti, nè lo lasciarono mai dominare con fermezza e stabilità; ma ad ogni modo l'elettricismo acquistò con quella teoría sempre più nuovi lumi, e dove al sistema del Nollet maggiori rischiarimenti. Strepitosi anche furono a que' tempi i fenomeni medici, e i

Effetti medici dell'elettricità.

salutari effetti, che produceva in molti l'elettricità. Paralisíe, sciatiche, ed altri malori, che abbisognavano di moto e calore ne' fluidi, singolarmente delle parti offese, sentivano pronto, e notabile miglioramento coll'elettriche operazioni. Il Jalabert, il Sauvages, e il Veratti principalmente acquistarono in questa parte maggiore celebrità, e fecero con questo mezzo miracolose guarigioni. Queste cure però erano chiaramente coerenti colla teoría dell'elettricità: non così quelle del Pivati, del Bianchi, e d'altri, che pretendevano far operare i medicamenti col solo metterli entro il globo, o tenerli in mano, senza il brigoso fastidio di doverli prender per bocca. Il Nollet si oppose a questi taumaturghi, nè volle prestare credenza a' loro nuovi miracoli dell'elettricità; altri parimente da varie parti si fecero contro a' medesimi; nè ha potuto finora questa pratica medica ottenere con nuovi fatti qualche maggiore probabilità.

Intanto che nell'Europa con tanto impegno, e per tante vie si studiava l'elettricismo, ne' paesi barbari, nelle oscure contrade dell'America settentrionale un uomo ritirato e studioso, un fisico non ancora conosciuto nella repubblica letteraria, l'ora tanto famoso, e rinomato Franklin, faceva forse egli solo più luminose scoperte che i più illustri fisici dell'Europa, e più di tutti estendeva gloriosamente l'impero dell'elettricità (*a*). Egli fece toccare con mano l'attività delle punte per far meglio risaltare gli effetti elettrici. Egli senza notizia alcuna dell'invenzione dello Smeaton nell'Inghilterra inventò contemporaneamente nell'America la battería elettrica, e co' quadri di vetro impiombati, o stagnati, come usavansi in Inghilterra, produsse effetti maggiori, e portò più avanti l'elet-

Franklin.

(a) *Oeuvres de M.r Franklin* tom. I.

triche teoríe. Egli adoperò in tante guise il quadro magico inventato dal Kinnersley, e ne seppe ricavare tali effetti, che in qualche modo se lo fece suo proprio; ed or è più conosciuto col nome del Franklin, che con quello dello stesso Kinnersley suo inventore. Egli formò una ruota elettrica, un *pesce d'oro* elettrico, e mille altre novità elettriche, ed inventò tante nuove sperienze, variò, e migliorò in tante guise le già inventate, produsse tali effetti, e ne ricavò tali conseguenze, che si può dire, che creò in qualche modo una nuova elettricità. Con tante, e sì fondate cognizioni ardì il Franklin, come il Nollet, di lavorare un sistema, a cui si dovessero sottomettere tutti i fenomeni dell'elettricità; e non due sorti di elettricismo di differente natura, una *vitrea*, e l'altra *resinosa*, non due correnti d'elettricità *affluente*, ed *effluente*; ma il *più*, e il *meno* semplicemente, ch'ei chiamò *elettricità positiva*, e *negativa*; e l'equilibrio cercato dalla natura nell'elettricità, come in tutte le altre cose, bastò al suo ingegno per ispiegare tutti quanti i misterj elettrici; e questo suo sistema fece bentosto abbandonare quello del Nollet, ed è stato quasi generalmente abbracciato dagli altri fisici. Ma ciò, che ha resa più illustre la dottrina del Franklin, ed ha assicurata l'immortalità al suo nome, è stata la perfetta analogía da lui fermata, e assodata fra il fulmine e l'elettricità, e l'arte da lui trovata di chiamare, e condurre il fulmine a piacimento, e fargli tenere quelle vie, che il dotto fisico gli vorrà comandare. E' mirabile, e sorprendente l'accuratezza, e finezza, con cui seguì egli minutamente tutte le circostanze del fulmine, e le trovò tutte pienamente conformi nell'elettricità; onde pareva potesse giustamente conchiudere, che v'ha fra il fluido elettrico, e la materia del fulmine una perfettissima somiglianza. Ma il Franklin non si

contentò di provare con ragioni l'analogía, volle far toccare con mano l'identità, e mostrare co' fatti, che la materia del fulmine è realmente materia elettrica, e che il suo scoppio non è che un'operazione elettrica della natura. Con una cometa gettata all'aria nelle ore d'un temporale riceveva l'elettricità delle nuvole, e produceva le scintille, e tutti i segni, che coll'elettricismo artifiziale si sogliono ricavare. Egli aveva pensato di chiamare a sè la materia elettrica delle nuvole con una spranga di ferro collocata in sito opportuno per potervi eseguire tutte le sperienze con maggiore comodità, e riguardare così in tutti gli aspetti l'identità dell'elettricismo artifiziale, e del naturale. La sua idea fu per la prima volta eseguíta felicemente nella Francia. Gli applausi fatti dal re di Francia alle sperienze del Franklin, pubblicate dal Collinson, ispirarono al Buffon, al Dalibard, e al de Lor desiderio di verificare le congetture di lui su l'analogía del fulmine, e dell'elettricità. A questo fine innalzò il Buffon nella sua torre di Monbart una spranga di ferro, e il Dalibard in una pianura di Marly-la-Ville ne levò un'altra di 40 piedi, ch'è divenuta più celebre; perchè in questa per la prima volta, venendo il dì 10 di maggio 1752 un temporale, si videro vivissime scintille, si sentirono forti scosse, e si ebbero tutti i segni dell'elettricità. Nove giorni dipoi vidersi parimente scintille nella spranga del Buffon. Il de Lor n'innalzò un'altra simile, ed ebbe gli stessi effetti (*a*); ed altri poi più volte replicarono la stessa sperienza, sempre con uguale successo. In tale guisa venne pienamente decisa la immaginata analogía, rimanendo gloriosamente trionfante il perspicace ingegno, e sodo giudizio del Franklin; e la sperienza di Mar-

(a) *Lettr. de M.r Franklin*, *Lettr. de l'Abbé Mazeas*, Dalibard *Acad. des Sc.* 1752.

ly fu la fortunata mediatrice, che unì l'elettricità atmosferica colla terrestre, e durerà in eterna memoria, e formerà illustre epoca ne' fasti dell'elettricità. Quando il Franklin fu padrone di volgere a suo piacimento l'elettricità delle nuvole, volle esaminare qual essa fosse, se positiva, ovver negativa; riguardò in varj aspetti l'elettricità delle nuvole e dell'aria, e nel vasto spazio dell'atmosfera aprì alle ricerche de' fisici un nuovo campo, che fu già nelle sue mani, e seguitò ad essere nelle altrui fertile d'interessanti scoperte e su la naturale, e su l'artifiziale elettricità. Tante memorabili invenzioni, tante strepitose novità non appagarono le filosofiche mire del genio del Franklin; volle egli rivolgere le sublimi sue cognizioni a benefizio dell'umanità, e salvare con esse le case, e le vite degli uomini dalle stragi del fulmine. A questo oggetto avendo trovato il modo di chiamare colla spranga il fulmine dalle nubi, disegnò anche di condurlo dove si dissipasse senza pericolo; ed unendo alla spranga fili metallici, che si portassero isolati a seppellirsi sotterra, formò di essi opportuni conduttori del fulmine, che senza lasciarlo scoppiare lo conducessero dirittamente in luoghi umidi, dove si disperdesse senz'altrui danno. All'analogía del fulmine coll'elettricità aggiunse il Franklin anche quella dell'aurora boreale, della neve, e d'altre meteore. Ma noi non possiamo seguire distintamente ogni cosa, e conchiudiamo soltanto, che il Franklin colle nuove sue sperienze, e colla nuova teoría, colla scoperta dell'elettricità atmosferica, e della sua identità colla terrestre presentò una dottrina affatto nuova su l'elettricità, e produsse una nuova e gloriosa epoca per la fisica.

La teoría del Franklin dell'elettricità *positiva*, e *negativa* venne comunemente abbracciata da' fisici; ma non fu intesa da tutti nel vero senso del suo autore, avendo molti voluto

riconoscere due differenti elettricità, dove egli non ne propone che una, variando soltanto quella in *più*, o in *meno*, in maggiore, o minore copia di quello che sia nello stato naturale, secondo la natura diversa de' corpi elettrici, che la ricevono (*a*). Su questa elettricità, e su la capacità de' corpi a riceverla nell'uno, o nell'altro modo non si avevano ancora le giuste cognizioni, e vi abbisognavano nuovi lumi. Credevano tutti, che la cera, la resina ec. non potessero avere che l'elettricità *negativa*, e il vetro all'opposto l'avesse soltanto *positiva*; ma il Canton degno illustratore del Franklin provò con varie e replicate sperienze, che la cera può elettrizzarsi positivamente, e il vetro negativamente, che alterando la superficie del tubo, e del fregatore, si può produrre a piacimento elettricità positiva, o negativa, secondo che l'uno, o l'altro è più alterato pel fregamento, e che le apparenze d'elettricità positiva, o negativa dipendono dalla superficie de' corpi elettrici, e da quelle del fregatore (*b*); e questa materia trattata assai degnamente dal Canton ricevè ancora nuove sperienze, e nuovi lumi per opera del sopraccitato Wilson (*c*). Ma il Delaval propose un'altra teoría su quelle differenze d'elettricità, volendo, che i corpi più n'abbiano dell'una, o dell'altra, secondo che più abbondino di terra, o di zolfo; e che le pietre, ed altre sostanze terrose possano per varj mezzi, principalmente pe' diversi gradi di calore, divenire elettrici di non elettrici ch'erano per l'avanti. Rispose al Delaval il Canton, e la calda disputa, che s'accese fra que' due fisici, produsse molte nuove sperienze, e scoprì nuove verità (*d*). Il Canton, sempre intento a promuovere la dottrina frankliniana, inventò un apparecchio por-

Canton.

(a) Franklin Lett. II *Opin. et conject. sur les propriétés* ec. *Quest. et répons.* ec.
(b) *Phil. trans.* vol. XLVIII. (c) Ivi vol. LI. (d) *Phil. trans.* vol. LI, LII, ec.

tatile per rendere più agevole la dimostrazione de' suoi principj fondamentali, e poterne in ogni tempo fare a piacimento le convenienti sperienze (*a*). Oltre avere egli chiamato ad esame i corpi elettrici gli venne talento di riandare quelli, che si credevano conduttori, e come ritrovò tutti gli elettrici capaci d'elettricità sì positiva che negativa, così pure osservò, che tutti i corpi possono in qualche maniera divenire fino a un certo punto conduttori, e tutti eziandío possono all'opposto spogliarsi di questa proprietà. L'aria creduta incapace d'essere conduttrice divenne tale in qualche modo nelle mani del Canton, e colle sottili ed ingegnose sue sperienze fu costretta a ricevere per comunicazione qualche elettricità, e superare quella ripugnanza, che gli altri fisici le supponevano (*b*). L'atmosfera de' corpi elettrici era un punto, che rimaneva ancor da illustrare: e questa fu feconda al Canton di mille curiose sperienze, e di fenomeni inaspettati. Egli scoprì la legge de' corpi elettrici d'indurre un'elettricità contraria ne' corpi immersi nella loro atmosfera, o sia, che i corpi immersi nelle atmosfere elettriche d'altri corpi acquistano sempre un'elettricità contraria a quella de' corpi, nella cui atmosfera sono immersi (*c*). Ma questa proprietà dell'atmosfera, o de' corpi elettrici venne talmente rischiarata, e con tante sperienze, e tante osservazioni messa nel vero suo lume dal Wilke, e dall'Epino, che rimase a questi la maggior parte della lode di tale scoperta (*d*). Questi due fisici avevano in oltre altri meriti nella dottrina dell'elettricità. L'elettricità *spontanea*, o l'elettricità prodotta colla fusione de' corpi elet-

Wilke, ed Epino.

(a) Franklin Lett. *Descript. d'un appareil portatif* ec.

(b) Franklin Lett. *Exper. electr.* ec *par Jean Canton*; *Phil. trans.* vol. XLVIII ec.

(c) Ivi. (d) Wilke Disp. phys. *De electricitatibus contrariis*; Æpinus *Tent. theor. electr. et magn.*

trici, svolta, e spiegata nella sua origine dal Wilke, fu un altro titolo della gloria del suo nome in queste materie, e sparse maggiori lumi su la teoría frankliniana dell'elettricità positiva, e negativa *(a)*. L'Epino nel formare una teoría del magnetismo, e dell'elettricità, e nel riferire all'accademia di Pietroburgo la sperienza de' gesuiti della Cina, di cui poi parleremo, fece co' vetri, co' metalli, e con altri corpi nuove sperienze di tale elettricità *(b)*; e dalle scoperte del Wilke, e molto più da quelle dell'Epino vuole ripetere il Krafft l'origine dell'*elettroforo perpetuo;* invenzione tanto rinomata del Volta *(c)*. Gran romore menarono nelle accademie, e nelle scuole fisiche le calze del Symmer, o sieno i curiosi fenomeni dell'elettricità di due calze di seta, bianca l'una, e l'altra nera, ch'egli credeva provenienti da due fluidi elettrici differenti essenzialmente l'uno dall'altro, e provati da lui con molti altri fatti, e con altre sperienze *(d)*. Il trattato del Symmer tradotto in francese, ed accresciuto con varie aggiunte di nuove sperienze dal Nollet, rese più comuni questi nuovi fenomeni dell'elettricità, ed eccitò di più la curiosità de' filosofi *(e)*. Alle sperienze del Symmer, e del Nollet n'aggiunse molt'altre il Cigna, fatte col vetro, e con altre materie, ma principalmente co' nastri di seta di varj colori; e i nastri del Cigna divennero non meno famosi che le calze del Symmer, e le une e gli altri fecero vedere quante nascoste verità può ricavare un uomo di genio dalle cose più semplici, e più triviali *(f)*. In mezzo a tante sperienze, e tante scoperte, in tanto lume d'elettriche teoríe comparve a giudice, sostenito-

Symmer.

(a) Priestley *Hist. de l'Electr.* period. x, sez. III.

(b) *Tentamen.* ec. *Exper. electr. Acad. Petr. nov. comm.* tom. VII.

(c) Krafft *Acad. Petrop.* tom. XXII. (d) *Phil. trans.* vol. LI.

(e) *Exper. et observ. nouv. concernant l'électricité, par M.r Robert Symmer* ec.

(f) *Miscell. Taurin.* tom. III.

re, e maestro dell'elettricità, il Beccaría. La macchina, gli apparecchj, l'armatura, l'arte, e la maniera d'eseguire le sperienze, tutto ricevè da lui opportunissimi miglioramenti. Non v'è sperienza, ch'egli non abbia rifatta, variata in guise diverse, e ridotta a maggiore sicurezza, e precisione. Non fenomeno, che sia sfuggito alla penetrante sua vista; tutti, piccioli, o grandi che sieno, vengono da lui riguardati con occhio filosofico, e volti, e rivolti in tutti gli aspetti colla maggior attenzione. Non punto alcuno d'elettricismo, che non sia da lui esaminato, ed arricchito di qualche utile novità. I corpi isolanti, ed i corpi coibenti, le cariche, e le scariche, le atmosfere elettriche, e le loro proprietà, l'azione, e gli usi, la misura, i movimenti, le leggi, e tutto quanto appartiene all'elettricità è sembrato prendere nelle sue mani un nuovo aspetto; si sono avverati alcuni punti, altri corretti, rischiarati altri, ed ampliati, tutti sottoposti a pochi, e chiari principj, tutti messi nel vero lor lume, e ridotti alla dovuta stabilità (*a*). Con impegno forse maggiore entrò altresì ad illustrare l'elettricismo naturale (*b*). Con quanta cura, ed assiduità non passò egli i giorni contemplando, riguardando, e per così dire tastando, e pesando cogli occhi, e colle mani gli stati diversi dell'atmosfera? Con quale sottigliezza, e perspicacità non osservò a parte a parte la densità, il colore, e gli andamenti delle nuvole, e ne fece una minutissima anatomía? Con quale vigilanza non ispiò i movimenti tutti, e gli strani effetti del fulmine, dell'aurora boreale, del terremoto, e di tutte le meteore? Egli con somma sagacità, ed accortezza seppe levare il velo a tutti i fenomeni dell'aria, e del cielo turbato ed ingombro, superando in questa parte

Beccaría.

(a) *Elettric. artifiziale, e nat. Elettric. art.* (b) Ivi, e *Dell'elettr. Lettere* ec.

gli altri fisici, che avevano applicata l'elettricità alla spiegazione delle meteore; e pensò in oltre ad esaminare, ciò che nessuno aveva ancor fatto, l'elettricità dell'atmosfera quieta e serena (*a*); e potè in tutto con somma felicità e chiarezza dimostrare ogni circostanza, e qualunque menomo accidente come necessario effetto dell'elettricità naturale, e ridurre quindi tutte le leggi di questa a' principj medesimi dell'artificiale. Allora può dirsi, che restò finalmente stabilita, e assodata la teoría dell'elettricismo del Franklin, la quale, proposta da quel grand'uomo, e sostenuta da molt'altri valenti fisici, sembrava, che aspettasse soltanto la sanzione del Beccaría per avere tutta la sua legittimità. Pareva già questa pienamente stabilita, e fermata, quando sorsero nuovi fenomeni a contrastarla. I gesuiti di Pekino applicando una lastra di vetro elettrizzata presso alla lastra di vetro della bussola nautica, osservarono, che l'ago s'innalzava verso questa, rimanendovi attaccato due o tre ore, e poi si staccava, e ricadeva sul proprio suo luogo; ma al ritirare dalla bussola la prima lastra ritornava l'ago ad innalzarsi, e ricadeva poi subito, se di nuovo si rimetteva la detta lastra. Questo fenomeno, comunicato all'accademia di Pietroburgo da' gesuiti, e in essa al pubblico dall'Epino (*b*), eccitò la maraviglia di tutti i fisici. Il Symmer (*c*), il Cigna (*d*), e molt'altri fecero ne' vetri parecchie altre sperienze, e poi nelle calze, e ne' nastri di seta, e in altri corpi isolanti, e quasi tutti crederono di vedere in tali fenomeni un fatto troppo contrario alla teoría frankliniana per poterla ancor sostenere: il Symmer istimò necessario formare due spezie diverse d'elettricità per poter

(a) *Lett. al Sig. March. di Carrone*, *e al Sig. Cav. Pringle* ec.

(b) *Acad. Petrop. Novi comm.* tom. VII. (c) *Phil. trans.* an. 1759.

(d) *Misc. Taurin.* tom. III

combinare questi fenomeni cogli altri fin allor conosciuti; e il Cigna, sebbene pensò, che si potessero tutti spiegare colla sola elettricità frankliniana, non seppe nondimeno ritrovar il modo di superarne la difficoltà. Solo il Beccaría potè penetrare in questo mistero elettrico; trovò ne' corpi isolanti una nuova proprietà, per cui, se sieno congiunti, *riacquistano dal disgiungimento l'elettricità smarrita nel congiungimento*, e per dir così rivendicano la perduta elettricità, e volle perciò dar ad essa il nome di *vindice*; la provò con mille fatti, e con diverse sperienze, e coll'aggiunta di questo principio da lui bene stabilito, e fissato trovò il modo di conciliare agevolmente tutti i fenomeni colla teoría frankliniana, e mise in chiaro, e mostrò agli occhi de' fisici tutta l'orditura delle operazioni elettriche della natura, e dell'arte. A tante scoperte dell'elettricità naturale, e dell'artifiziale s'aggiunsero a quel tempo le novità elettriche della turmalina, che altri vogliono fosse conosciuta da Teofrasto, e da altri antichi col nome di *Lincurio*. Lemery mostrò una turmalina all'accademia delle Scienze (*a*), e ne fece vedere l'attrazione; ma restò nondimeno trascurata; e solo verso la metà di questo secolo divenne famosa per le sperienze del duca di Noya, e molto più per quelle dell'Epino, pubblicate nell'accademia di Berlino (*b*). Le accrebbero poi maggiore celebrità la disputa tanto agitata fra l'Epino ed il Wilson, e le molte novità, che scoprì in essa il Canton, e ch'altri poi vi hanno sempre più ritrovato. Dèe certamente recar maraviglia il vedere in sì poco tempo ridotta a tanto avanzamento la parte della fisica, che risguarda l'elettricità, dacchè mentre le altre parti della medesima in tanti secoli di cultura in molte scuole non

Turmalina.

(a) *Hist. de l'Acad. des Sc.* an. 1717. (b) *Acad. de Berlin* an. 1756.

hanno fatto che pochi progressi, questa nata al principio del presente s'è veduta poco dopo della metà giunta quasi alla sua maturità; e dall'Hauksbeo fino al Beccaría, anche col ritardo d'alcuni anni d'interrompimento, ha vantaggiato sì grandemente, che può sembrare d'aver già ottenuta la sua perfezione; pruova, che non raziocinj, e mere speculazioni, ma fatti, sperienze, ed osservazioni sono i mezzi per avanzare nella fisica, e che quelle parti più prospereranno, ed otterranno maggiori progressi, che maggiore uso faranno di tali mezzi, e più potranno ridursi a chiari fatti, ed a semplici e decisive sperienze, ed osservazioni.

Parafulmini.

Non fu non pertanto esaurita colle precedenti scoperte la scienza dell'elettricità, ma seguì ancora a dare materia a' fisici di molte interessanti ricerche, nè furono oziose ed infruttuose le loro fatiche. I conduttori del fulmine erano stati bensì sino dal principio proposti dal Franklin, ma non vennero adoperati, e resi d'uso comune che alcuni anni dipoi. Lascio la storia della loro propagazione nell'America e nell'Europa, e in altre parti del Mondo; l'esame della loro migliore costruzione, le dispute su la figura delle spranghe, e le varie sperienze a questo fine ideate recarono molti lumi all'espansione, agli ostacoli, alla forza, agli effetti, a tutte le operazioni, ed alla dottrina tutta dell'elettricità, e ci darebbono ampia materia di storia, se noi potessimo seguire minutamente ogni cosa. Il Franklin propose le spranghe elevate e colla punta come i migliori conduttori, e tutti da principio abbracciarono questo metodo. Ma il Wilson temè di chiamare il fulmine con dette spranghe, e stimò meglio di dargli soltanto facil passaggio con una sbarra di metallo piuttosto ottusa, e ritonda all'estremità (a). Rispose tosto il

(a) *Phil. trans.* vol. LIV.

Beccaría, e con molte sperienze fece chiaramente vedere vano essere il timore del Wilson dell'attrazione del fulmine, e convenire anzi, che in fabbriche alquanto ampie, per maggiore sicurezza, più sbarre e bene appuntate s'innalzino. Il Mahon ha dottamente sposti i principj dell'elettricità, appoggiati in gran parte a nuove sperienze; ed applicandoli opportunamente a' fulmini, ed a' loro conduttori, mette alla vista i vantaggj de' conduttori elevati, e appuntati, e conchiude, che „ il gran numero d'eccellenti osservazioni fatte
» in differenti paesi da' fisici di prima classe, come Franklin,
» Beccaría, Wilke, Henly, le Roi, Achard, Nairne, Ingen-
» housz, ec. hanno pienamente convinti i migliori giudici in
» questa materia, che i conduttori deono sempre terminare
» in punta di metallo acutissima, e che ciò, ch'egli ha det-
» to in quel suo trattato, contribuirà in qualche modo a sta-
» bilire più sodamente quest'importante verità (*a*) ». Infatti il Cavallo (*b*), l'Adams (*c*), e quanti a mia notizia dopo il Mahon hanno scritto su questa materia, tutti hanno data indubitatamente la preferenza alle punte. Il Bertolon (*d*) riporta moltissimi esempj di parafulmini di varie maniere, che possono servire di storia di quelle fisiche operazioni, e de' miglioramenti, che vi si sono recati, e come tutti que' conduttori riguardano soltanto i fulmini discendenti dall'alto, egli ne propone uno suo, che possa preservare dal fulmine ascendente non meno che dal discendente (*e*). Nè di ciò contento presenta simili difese contra le stragi de' terremoti, e de' volcani, e propone di fabbricare paraterremoti, e paravol-

Mahon.

Bertolon.

(a) *Principes de l'electricité, avec une analyse des avant. super. des conducteurs élevés et pointus*. XIX part., §. 527.

(b) *Tratt. compl. d'elettric.* cap. IX. (c) *An essay on electr.* ec. cap. IX.

(d) *De l'électr. des méteores* sec. part., I sez, cap. V. (e) Cap. VI.

cani, come si fanno con tanto vantaggio i parafulmini (*a*). Non è del nostro proposito l'esaminare il merito, o le difficoltà, che possono incontrare queste idee del Bertolon, che non so che sieno state finora ridotte ad opera con visibile effetto; ma sarebbe da desiderare, che si studiassero i fisici di rendere più universali tali invenzioni, cercare nell'elettricismo i preservativi contro i danni recatici dalle meteore, derivati dalla stessa elettricità, e liberarci dalla grandine, dal terremoto, e da altri mali, come ci hanno difesi da' fulmini, e rendere così l'uomo domatore degli elementi, regolatore della natura, padrone dell'universo. Nè solo un preservativo contro i fulmini e le meteore trovarono i fisici nell'elettricità, ma un rimedio eziandío contra varj malori de' corpi umani recati dalla natura. Le cure elettriche di sopra accennate eccitarono l'attenzione de' fisici e de' medici; ma l'incertezza dell'esito, che non sempre riuscì uguale, e l'abborrimento della novità, che sempre ha molta forza, teneva dubbiosi, e sospesi parecchj medici, e molti disprezzavano la vantata efficacia dell'elettricità. S'è poi veduta adoperata dall' Haen (*b*), dal Gardane (*c*), dal Mauduit (*d*), e da altri infiniti, ed ormai non resta più dubbio su la sua virtù, ma solo su la sorte di malattíe diverse, a cui si deggia applicare. Il Vivenzio ha scritta un'*Istoria dell'elettricità medica*, alla quale sarebbe molto da aggiungere, ma che pur basta a far conoscere la forza dell'elettricità in varj morbi, e l'uso, che molti medici n'hanno fatto. A vista di questi effetti ci ha dato recentemente il Bertolon un pieno trattato in due volumi dell'elettricità del corpo umano in tutti gli stati di salute, e di malattía, e dà assai distinta notizia delle varie classi di

Confermazione delle cure mediche dell'elettricità.

Elettricità animale.

(a) Ivi sez. II, cap. IV. (b) *Ratio med.*

(c) *Conject. sur l'électr. médic.* (d) *Soc. roy. de Médecine* tom. II. ec.

malattíe, che hanno ottenuto da' dotti medici notabile giovamento col mezzo dell'elettricità, e de' diversi metodi, con cui si dèe applicare (*a*). Promotore zelante dell'elettricità volle il medesimo Bertolon ampliare il suo dominio, e dal regno animale lo distese anche al vegetabile; provò l'influenza dell'elettricità atmosferica su' terreni, e su le piante, e per la loro nascita e vegetazione, e per la produzione de' loro fiori, e de' loro frutti, e per tutte le loro proprietà, e propose anche i mezzi di rimediare al difetto, od all'eccesso dell'elettricità nelle piante, e di ricavare dall'elettricismo il vantaggio possibile per l'agricoltura (*b*). Nè di ciò contento pensa anche a sviluppare l'elettricità de' minerali, e darci un trattato compiuto dell'elettricità applicata a' tre regni della natura (*c*). Le ricerche del Bertolon non sono portate a quella profondità e perfezione, che l'importanza della materia richiede, e sarebbe da desiderare, che gl'ingegnosi e sagaci fisici in vece di tante sottili e minute indagini, in cui alle volte s'impegnano con troppo ardore, si rivolgessero a queste più pratiche, e più interessanti, che allo splendore delle grandiose verità uniscono il merito della pubblica utilità. Alle molte scoperte elettriche, di cui finora abbiamo discorso, si potranno aggiungere le osservazioni su la torpedine, e su l'*anguilla tremante*, che hanno accresciute le nostre cognizioni intorno all'elettricità. Al toccare la torpedine sentivasi una commozione simile alla prodotta dalla boccia di Leida; ma non si pensava di riguardarla com'effetto dell'elettricità. L'Adanson nel 1751 trovandosi nel Senegal, dove sono certe anguille, che chiamansi *tremanti*, e che producono la medesima percossa che la torpedine, ne fece varie sperienze, e dietro a

Vegetabile.

Elettricità della torpedine, e dell' anguilla *tremante*.

(a) *De l'électr. du corps humain dans l'état de santé et de maladie*.
(b) *De l'électr. des végetaux* ec. (c) Ivi Pref.

queste si conchiuse da' fisici essere elettrica tale commozione, ed elettrici i pesci, che la cagionano. Nuove sperienze fece nel 1757 in altra simile anguilla lo 'sGravesande, governatore d'Esequebo nel Surinam, a richiesta dell'Alaman, e trovò i medesimi effetti, anzi più vivi e gagliardi che nella boccia di Leida. Il Perrerio nella *Storia della Francia equinoziale*, e il Fermino nella *Descrizione del Surinam* parlano di quelle anguille, e di quegli effetti, ma solo su gli altrui racconti, senza potervi dare maggior peso d'autorità. Il Vanderlot chirurgo nella Guiana pubblicò nel 1761 un'operetta su l'anguilla tremante di quella colonia, senza però aver egli per sè stesso esaminati parecchj de' fenomeni, che descrive. Su queste fece poco di poi molte e varie sperienze il medico Bajon, e conchiuse, ch'esse dimostrano perfettamente l'elettricità di detta anguilla, sebbene soggiunga, che non vi si ha mai potuto scorgere nè scintilla, nè attrazione (*a*). Dopo qualche anno l'inglese Walsh volle farsi venire dall'America alcune di queste anguille per eseguire a suo agio le ideate sperienze, e con molte premure, e molte spese potè finalmente averne cinque, delle quali quattro, peritane una, si mantennero vive e vigorose per subire ogni sorta di sperimenti. Allora gli riuscì di far vedere in tutte quattro le scintille elettriche, ma solo essendo il pesce nell'aria, non mai nell'acqua, ed interrotto il conduttore, che comunica colla parte superiore ed inferiore dell'animale (*b*). Questo pareva, che dovesse convincere i fisici dell'identità della scossa elettrica, e di quella della torpedine e dell'anguilla; nondimeno il Termeyer pubblicò certe sue sperienze, che aveva fatte nelle anguille del fiume *Saladillo* dal 1766 fino al 1768, le quali

(a) *Opusc. di Milano* vol. v. (b) Ivi vol. xxvi.

possono indurne qualche dubbio; mentre, paragonati i fenomeni della macchina elettrica con que' dell'anguilla, trovava mancare in questa molti fenomeni di quella, e nella scossa stessa, che sembrava esser l'unica pruova di tale medesimezza, osservava notabili differenze. E sebbene l'aver egli fatte le sue sperienze prima d'avere notizie di quelle del Walsh, gli levò il merito di verificare le scintille nelle circostanze provate da quell'inglese, ei nondimeno crede, che avrebbe pur dovuto vederle in molt'altre circostanze delle sue sperienze, se vi fosse nel pesce un fluido elettrico, che producesse tali fenomeni (*a*). Sembra non pertanto, che possano credersi elettrici i fenomeni di quelle anguille, e della torpedine; ma d'un'elettricità, che dovrà risguardarsi sotto altri aspetti di que' che presenta la macchina elettrica. Il Walsh aveva parimente osservato, che la scossa della torpedine sembra molto diversa da quella della boccia di Leida, e da quella altresì dell'anguilla; e la novità de' fenomeni elettrici di questi pesci, e di que' della turmalina ci può avvertire di quant'altri ne potremmo ritrovare in tant'altri corpi, se tutti li volessimo sottomettere ad un diligente esame.

Alcuni stromenti elettrici.

Quanto più s'avanza nella fisica sperimentale, più si conosce il bisogno di arrecare maggiore precisione nell'esame, e nella misura degli effetti, di cui si cercano le cagioni. Com'è estremamnnte raro, che non ne concorrano molte ad un fenomeno, per quanto sembri semplice a prima vista, così è d'estrema importanza l'avere mezzi di discernere le più picciole differenze, per le quali unicamente può alle volte l'industria de' fisici pervenire a svelare i secreti della natura. Questo motivo determinò il d'Arcy, ed il le Roi a ricercare

(a) *Esper.*, *e riflessioni* ec. *Raccolta ferrarese d'Opusc.* ec. tom. VIII.

un mezzo di misurare la forza dell'elettricità per quella d'alcuni de' suoi effetti; ed inventarono l'*elettrometro*, de' cui principj espose il d'Arcy le fisiche ragioni (*a*). Ma avanzando sempre più le cognizioni dell'elettricità, nasceva il bisogno di maggiore finezza nella misura de' suoi effetti; e il Cavallo ha poi inventato un elettroscopio portatile (*b*); il Saussure gli ha arrecato nuovi miglioramenti (*c*); e il Volta l'ha condotto a maggiore perfezione, e ne ha fatto opportuno uso (*d*). Il Beccaría, sempre intento a meglio conoscere le operazioni dell'elettricismo naturale, ha proposto uno *ceraunografo*, o uno stromento, che posto in un osservatorio appresenti descritte le porzioni de' fulmini ad esso osservatorio scompartite, segni il lor numero, il loro tempo, la forza, e la direzione (*e*); ed un occhialetto elettrico per ispiare la luce nella scossa della torpedine (*f*). Nuovo *eccitatore*, nuovo *matraccio*, nuovo *permeometro*, e nuovo *elettrometro* si ha voluto fabbricare il Marat; e spera col suo metodo della camera oscura di ritrovare un mezzo per rendere in qualche modo visibile il fluido elettrico (*g*). Nuove forme per la macchina inventarono il Ramsden, il le Roi, ed altri. Ma lasciando molt'altri stromenti elettrici, che la sottigliezza de' moderni fisici ha saputo inventare, l'*elettroforo perpetuo* del Volta chiama a sè la nostra attenzione per l'universale sua celebrità. Il Volta, inteso ardentemente allo studio dell'elettricismo, in cui si è fatto sì illustre nome, quando occupavasi singolarmente in quella parte, che all'*elettricità vindice* s'aspetta, venne in pensiero (*h*), che l'elettricità delle lastre non s'estinguesse intieramente per la scarica, come credeva il Beccaría,

Elettroforo perpetuo.

(a) *Acad. des Sc.* 1749. (b) *Phil. trans.* vol. LXX.
(c) *Voy. dans les Alpes* tom. II, cap. XXVIII.
(d) *Meteor. elettr.*, *Bibl. fisica d'Europa* tom. I.
(e) *Di un Ceraunografo* ec. (f) *Opusc. di Milano* vol. XIX.
(g) *Rech. phys. sur l'électricité.* (h) *De vi attractiva ignis electrici* ec.

e poi trovò un corpo, che una sola volta elettrizzato non perda più la sua elettricità, o sia una *lastra isolante* vestita, e spogliata a vicenda della sua armatura, la quale conserva ostinatamente la forza vivace de' segni elettrici a dispetto di toccamenti senza fine; onde potè aggiungere all'*elettricità vindice* il nome d'*indeficiente*, e formò così il suo *elettroforo perpetuo*, il quale e durevolezza, e facilità, e forza, e mille altri singolari comodi contiene, ch'egli dottamente descrive al Priestley (*a*). Gran romore menò in tutta l'Europa l'invenzione del Volta; e i suoi effetti singolari ed inaspettati, come dice l'Achard (*b*), chiamarono molto l'attenzione de' fisici. Si mise tosto lo stesso Achard a farne uso, e con replicate sperienze formarne la teoría; e diede infatti una descrizione dell'elettroforo all'accademia di Berlino, e ne spose la sua teoría ricavata dalle sperienze (*c*). Giunse a Pietroburgo la notizia di tale stromento, e quella illuminata e generosa imperatrice ne fece fabbricare uno dal Kulibin, macchinista russo, di nove piedi di lunghezza, e quattro e mezzo di larghezza, nel quale la grandezza degli effetti corrispose alla vastità della macchina; e il Krafft presentò tosto all'accademia le sue ricerche su l'origine di quell'elettroforo, ch'ei prende dalle scoperte del Wilke, e dell'Epino, e la sua teoría su le cagioni de' sorprendenti suoi effetti (*d*). L'Ingenhousz (*e*), il Jacquet (*f*), ed altri parecchj scrissero molto su questo stromento: tutti i fisici elettricisti lo vollero adoperare, tutti i gabinetti di fisica procurarono di arricchirsi di questa nuova ed utile curiosità; e l'elettroforo del Volta è stato in brevissimo tempo di non poco vantaggio alla fisica, e di somma

(a) *Opuscoli di Milano* vol. IX e X. (b) *Acad. de Ber.* tom. XXXII.

(c) Ivi. (d) *Acad. Petrop. Novi Comment.* tom. XXII.

(e) *Nouv. exper., et observ. sur divers objets de physique*, II Mém. ec. *Addition à la téorie de l'electr.* (f) *Lettre* ec. *sur l'électrophore perpetuel.*

celebrità al suo autore. Ma questi ha in oltre molt'altri meriti nell'illustrazione dell'elettricità. L'elettricità vindice ha preso nelle sue mani un nuovo aspetto co' rischiarimenti, ch'ei vi ha apportati, e colle novità, che ha scoperte (*a*). Egli ha fatte nuove osservazioni su la capacità de' conduttori elettrici, ed ha mostrata la novità di produrre anche un semplice conduttore una scossa eguale a quella della boccia di Leida (*b*). Egli ha penetrato nell'esame dell'elettriche atmosfere; ed all'azione, e al giuoco delle medesime riduce la maggior parte de' fenomeni dell'elettricità (*c*). Egli ci dà presentemente la sua meteorología, nella quale tutto deriva dall'elettricismo (*d*). Egli insomma è uno de' fisici, che più hanno giovato alla propagazione, e al rischiarimento di questo nuovo soggetto della fisica, di questo nuovo agente della natura. Nè è solo il Volta il dotto fisico, che s'impieghi presentemente nell'avanzamento dell'elettricismo. Quanto non ha lavorato l'Achard per fissare la celerità, con cui i corpi di differenti figure si caricano del fluido elettrico, e per trovare la relazione fra la quantità, ch'essi n'assorbiscono, e la distanza, in cui sono, d'un corpo elettrizzato (*e*)! Quanto per mettere in miglior lume, che la superficie più che la massa influisce nel caricare di materia elettrica i corpi della stessa natura, ma di differente massa (*f*)! Non basta al Priestley l'avere sposta sì dottamente tutta la storia dell'elettricità; egli stesso ha voluto essere soggetto di quella storia; il creatore d'una nuova aerología ha ambíto la gloria di essere promotore dell'elettricità, e cogli anelli, o cerchj contenenti i colori del prisma formati dalle esplosioni elettriche su la superfi-

Achard.

Priestley.

(a) *De vi attractiva* ec.; *Lett. al Sig. Priestley, e al Sig. Klinkosch; Opusc. di Milano* vol. IX, X, XX, al. (b) *Opusc. di Milano* tom. I in-4.° .

(c) Ivi. (d) *Bibl fisica d'Europa.*

(e) *Acad. de Berl.* tom. XXXIII. (f) Ivi tom. XXXVI.

cie de' metalli, e colle congetture intorno all'identità della materia elettrica, e del flogisto, e con molt'altre nuove ricerche ha arricchito l'elettricismo di nuove, e curiose verità (*a*). Il van Swinden, non contento d'essere riconosciuto per padrone del magnetismo, è anche entrato ne' campi dell' elettricità per l'analogía, che passa fra l'uno e l'altra, ed ha rilevate di questa alcune nuove e curiose proprietà (*b*). Il Brisson, e il Cadet hanno con varie sperienze esaminata l'azione del fluido elettrico su le calci metalliche (*c*). Il Marat ha fatte nuove ricerche su l'elettricità, e vuole su quasi tutti i punti fissare nuovi principj (*d*). Il Barletti ha apportati nuovi lumi alla teoría delle punte elettriche, e nuove cognizioni ha spiegate su varj altri rami dell'elettricità (*e*). Il de Luc (*f*), il Cavallo (*g*), l'Adams (*h*), ed altri infiniti hanno illustrato, e tuttora seguitano ad illustrare con nuove sperienze, e nuovi mezzi diverse parti dell'elettricità. Ma noi non possiamo seguire partitamente ogni cosa; neppure abbiam luogo di nominare distintamente i più benemeriti, e chiari autori di questa parte della fisica sì vasta, e sì interessante; e ci fermiamo soltanto a pregarli di non contentarsi delle ricerche già fatte, ma d'inoltrarsi ad ulteriori investigazioni, che dovranno ancora riuscire utili non meno che dilettevoli. Le novità elettriche, che hanno mostrate in questi anni la turmalina, e l'anguilla tremante, possono incoraggire i fisici ad esaminare attentamente altri corpi elettrici de' tre regni della natura, colla fondata speranza di ritrovarvi altre curiose proprietà. Che se tante varietà elettriche si sono scoperte ne' corpi *idioelettrici*, nel vetro, nella resina, nella turmalina, nel-

Van Swinden, e altri.

(a) *Opuscoli di Milano* VIII, XI, al.

(b) *Recueil de Mém. sur l'anal. de l'électric., et du magnet.* vol. II.

(c) *Acad. des Sc.* an. 1775. (d) *Rech. phys. sur l'électricité*.

(e) *Memor. della Società Ital.* tom. I, II, ec. (f) *Idees sur la météorologie*.

(g) *Tratt. compl. d'elettr. con isper. originali*. (h) *An essay on electricity* ec.

la torpedine, e in altri, perchè non potrà sperarsi di ritrovarne parimente molt'altre negli *anelettrici*, o ne' conduttori diversi, se si metteranno convenientemente alle pruove? La luce elettrica ha abbagliato con ragione tutti i fisici; ma da nessuno è stata ancor ben veduta co' convenienti riguardi. Quante novità non si potranno anche trovare nelle attrazioni diverse secondo i diversi attraenti, e i diversi attratti? La differenza nella scossa della boccia di Leida, dell'anguilla tremante, e della torpedine mostra quanto resti ancora da studiare in questo sì sensibile effetto dell'elettricità. Quante analogíe non si potranno altresì rinvenire fra l'elettricità, ed altre materie, come se ne sono trovate della medesima colla calamita, co' fosfori, e con tant'altri corpi naturali? L'elettricità si vede già influire nell'atmosfera, negli animali, e ne' vegetabili; essa diverrà forse l'anima dell'universo, e da lei vedrannosi derivare tutte le operazioni della natura. Ma noi corriamo dietro a liete speranze, senza riflettere, che abusiamo della sofferenza de' leggitori trattenendoli sì lungamente. Lasciamo dunque molt'altre materie, che pur non sarebbono estranee a questo Capo, e basti il detto fin qua per formare una qualche idea de' progressi, e dello stato attuale della fisica particolare.

Conclusione.

Noi vediamo, che dal principio del passato secolo si può prendere l'origine di quasi tutte le parti della fisica, e che in pochi anni d'osservazioni e di sperienze si sono fatti in essa più avanzamenti che in tanti secoli di raziocinj, e d'immaginazioni. La fisica, come la storia, s'alimenta di fatti, non di parole; osservazione, esperienza, geometría, e chimica sono i mezzi, co' quali ha fatti i rapidi progressi, di cui finora abbiamo parlato. E se talvolta adopera una illuminata e timida congettura, che può condurla a vere scoperte; se talor giovasi d'uno spirito d'analogía, il cui savio ardire

prevede i fatti avanti che glieli mostri la natura, non vuole però mai farne che sobriissimo uso. L'osservazione è l'anima della fisica, la quale non è che la scienza delle operazioni della natura. L'esperienza viene in ajuto dell'osservazione; e qualor la natura presenta all'osservatore i fatti oscuri, complicati, e confusi, gli smaschera, e spiega l'esperienza, e li rende chiari e visibili. La chimica divide, e riunisce gli elementi, e dà a conoscere gli effetti de' corpi, che si presentano all'osservazione, nelle qualità de' loro componenti, che fa vedere. Per determinare la misura, e quantità degli effetti, per ben paragonare ed analizzare i fatti, che scopre l'osservazione, fa d'uopo al fisico del soccorso della geometría. Forse talvolta ha questa troppo dominato nella fisica, e volendo vanamente far pompa del suo calcolo, con lunghe e penose operazioni, con difficile e fastidioso lavoro non è giunta che a risultati smentiri dalla natura. Forse al presente si fa troppo uso di chimica, e a forza di continue decomposizioni, e chimiche risoluzioni si perde di vista la vera natura, nè vedesi che una natura fittizia, quale non è realmente in sè stessa, e nelle sue fisiche operazioni. Forse il troppo amore delle sperienze fa abbandonare la semplice osservazione; e in vece di studiare la natura nella sua schietezza e purità, non si consulta che nelle circostanze, in cui la vogliamo noi mettere, onde la giustezza delle sue risposte viene talor alterata pe' cangiamenti, che le abbiam fatto riprendere. Noi abbandoniamo a' dotti lettori mille e mille riflessioni, che si presentano su questi punti: questa è la logica d'un sagace ed accorto fisico, saper fare il debito uso de' sopraddetti mezzi, e schivarne gli abusi; saper interrogare convenientemente la natura, e interpretare con giustezza e fedeltà le sue risposte. Così potrà coltivare con molto profitto la sua scienza, e farle produrre più e più scoperte. La

fisica è ancor molto indietro; e per quanto sieno lodevoli i progressi finora fatti, a vista de' campi immensi, che le rimangono da scorrere, si può tuttora considerare come al principio del suo corso. Se l'elettricità, e il magnetismo, che pur sembrano le parti più conosciute, e svelate, hanno ancor esse assai più che scoprire di quello che si è scoperto; se dopo tante osservazioni, e tante opinioni, e congetture de' fisici è sì poco ciò che sappiamo accertatamente delle meteore, e tanto più ciò che mancaci da sapere, che dovremo pensare di tanti altri punti, dove non si è ancora portata la fiaccola della fisica? Se l'agghiacciamento, se l'ebollizione, se altri fenomeni ovvii e triviali hanno dato a' fisici materia a tante scoperte, perchè non sperare altrettanto dell'inumidimento, e del diseccamento, della putrefazione, e di tanti altri fenomeni non men comuni, se avranno la sorte d'incontrare un benefico fisico, che co' dovuti mezzi li prenda a rischiarare? Non sono ancor quasi intatte la durezza, elasticità, mollezza, fluidità, e quasi tutte le proprietà, ed affezioni generali e particolari de' corpi, che offrono infinite scoperte di nuove ed utili verità, a chi con sottile e fisica mano voglia trattarle? Ma non troveremo mai fine a questo già troppo lungo Capo, se vorremo accennare soltanto gl'infiniti punti, che restano alla fisica da illustrare. Noi ci rimettiamo allo zelo, all'attività, ed industria de' nostri fisici, e conchiudiamo con Seneca (*a*): *Multum adhuc restat operis, multumque restabit; nec ulli nato post mille saecula praecludetur occasio aliquid adhuc adjiciendi.*

Fine della Parte prima delle Scienze Naturali, e del Tomo quarto.

(a) Epist. LXIV.

TAVOLA

DELLE

COSE NOTABILI

CONTENUTE NEL QUARTO TOMO.

A

Abaco pittagorico, *pag.* 42.
Accademia del Cimento, 272, 417, 449, 512, 557.
Achard, 474, 477, 478, 494, 511, 595.
Acqua, 499.: elasticità, 500.: fluidità, 502: forza, 503: peso, 505: evaporazione, 506: ebollizione, 508: congelazione, 511: salsedine, 518.
Adler, 51, 55.
Alembert, algebra, 108, 116: geometria, 172: meccanica, 202, 209: idrostatica, 277, 230: acustica, 247, 277, 282: ottica, 308: astronomia, 379, 380, seg.: venti, 540.
Alfonso X re di Castiglia, musica, 264, 266: astronomia, 337.
Alfragano, 143, 336.
Algebra inventata da Diofanto, 79, seg.: scoperta de' segni algebraici, 92: infinitesimale, 103, seg.
Alhazen, 288.
Alkindi, 45, 56, 142, 215.
Allejo, 113, 239, 371, 380, 459: evaporazione, 506: ebollizione, 508: origine delle fontane, 517: aurora boreale, 533: venti, 540: ago calamitato, 558.
Ales, aria, 460, 470, seg.: ghiaccio, 515: dissalamento dell'acqua del mare, 521.
Anassimandro, 21, 320.
Amontons, 203, 462, 468, 493: macchina di fuoco, 494.
Apollonio, 5, 137.
Arabi, 14, 25: aritmetica, 49, seg.: algebra, 80, seg: geometria, 141: meccanica: 180: idrostatica, 215: nautica, 234: musica, 259: ottica, 288: astronomia, 335: fisica, 410: direzione polare della calamita, 547.
Archimede, aritmetica, 46: geometria, 135, seg.: meccanica, 177: idrostatica, 214: specchj ustorj, 286.
Aria, suo peso, 452, seg.: pressione, 453: elasticità, 457, seg. : illustrata da' fisici, 461. Arie fattizie, 470, seg.
Aristarco, 324.
Aristeo, 130.
Aristosseno, 249, 251.
Aristotele, musica, 257: ottica, 285: fisica, 396, 401. 404, 447, 450, 525.
Aritmetica, 38, seg.: arabica, 41, 50, Quadrati magici, 58, seg.. Logaritmi, 65. Meccanica, 67, seg.. Tetrattica, e Diadica, 70, seg.
Arriot. 93, 94.
Arsachel, 336.
Astronomia, sua antichità, 314. Astronomia indiana, 19, 316: caldea,

318: egiziana, 319: greca, 320, seg.: suo ristoramento, 338.
Atlantidi, 18.
Aurora boreale, 532.

B

Bachet de Mezeriac, quadrati magici, 59. Algebra di Diofanto, 95.
Baccone Ruggero, 32, 288.
Baccone di Verulamio, 411, 423, 449, 493, 500.
Baliani, 285.
Bailly, prefazione, VIII, 18, 315, 387, 486.
Barometro, 218, 418, 425, seg., 453.
Barrow, 101, 165, 301.
Barza, calcolatore, 50.
Beaune, 100.
Beda, 14, 29: aritmetica digitale, 44, 49: aritmetica, 49, 53: musica, 261.
Bernoulli, 37, 75: algebra, 100, 107, 109, 111, 112, 115: geometría, 168, seg.: meccanica, 199, seg., 203, seg.: idrostatica, 224, seg.: nautica, 239, 241: acustica, 273, 278: barometro, 426: ago calamitato, 567.
Bertolon, 589, 590, seg..
Boerahave, fuoco, 486, seg.: acqua, 503: evaporazione, 507.
Boezio, 14, 29: abaco pittagorico, e cifre numerali, 41, 52, seg.: aritmetica, 48: geometría, 140: musica, 259.
Boile, 419, 428, 458, 461, 490, 493, 501, 571.
Bombelli, 89, seg.
Borelli, 185, 418.
Boscovich, algebra, 119: geometría, 173: ottica, 309: astronomía, 377, 385: fisica, 431: aurora boreale, 534.
Bossut, 121, 230.
Bouguer, nautica, 244: astronomía, 384.
Bradlei, 372.
Brounker, 73, 101, 164.
Buffon, 106, 306, 485, 460, 459, 486, 502, 541, 580.

C

Cabeo, della calamita, 550, 556: elettricismo, 571.
Caille (la), 384.
Calamita, sua attrazione conosciuta dagli antichi, 545: direzione polare, 547. Ago calamitato, 549: sua declinazione, 551: inclinazione, 553. Calamita artifiziale, 564.
Caldei, 20, 318.
Canton, 566, 582, 587, 596.
Cardano, 64, 80, 85, 86, seg., 482, 554.
Carli, 13: impugna il Bailly, 18.
Cartesio, algebra, 91, 97, seg: geometría, 157, seg.: meccanica, 186: musica, 272; ottica, 296: astronomía, 354: fisica, 414, 425, 433, 455: aria, 455, 458: fuoco, 482: origine delle fontane, 516: elettricità, 571.
Casati, 482, 484, 485.
Cassini, idrostatica, 220: astronomía, 358, 375, 443: misure barometriche, 466, seg..
Castelli, 217.
Cavalieri, 150, seg., 301.
Cesare, 9, 28.
Chiminello, 427, 470.
Clairaut, algebra, 115, seg.: geometría, 171: meccanica, 208: idrostatica, 227: ottica, 308: astronomía, 379, seg.
Condamine, 376, 564.
Condorcet, 121, 230.
Copernico, 339.

Cotte, 569.
Cousin, 121.
Cubo, duplicazione, 127.

D

Dellisle, 552. 560.
Democrito, 284, 321, 396, 404, 447.
Desaguliers, 376, 434, 435, 495.
Diofanto, aritmetica, 47, 52: algebra, 77, seg.
Duhamel, calamita artifiziale, 265.

E

Elettricità, 570, seg.: atmosferica, 542, 579: spontanea, 583: vindice, 587: turmalina, 587: medica, 590: dell'anguilla tremante, 591.
Epino, 566, 583, 586, 587, 595.
Eratostene, aritmetica, 46: geometría, 134: astronomía, 325.
Erman, 204.
Euclide, aritmetica, 45: geometría, 132: musica, 255.
Eudosso, 323.
Eulero, aritmetica, 75: algebra, 12, 16, seg.: geometría, 172: meccanica, 204, seg.: nautica, 238, 244: musica, 273, 277, 282: ottica, 307: astronomía, 379, 380, seg.: aurora boreale, 535: magnetismo, 567.
Evelio, 355.
Eximeno, 247, 272, 283.

F

Fai, fosfori, 491: rugiada, 538: Elettricità, 573.
Fermat, aritmetica, 69: algebra, 96: geometría, 159.
Ferrari, 88.
Ferro (dal) Scipione, 85.
Fisica, 393: origine, 394: scuole greche, 395: romana, 408: arabica, 410. Ristoramento della fisica, 411: suoi istromenti, 421. Fisica particolare, 446, seg..
Flamsteed, 370.
Flogisto, 497.
Fontana Felice, 474, 475, 479, 489, 498.
Fontana Gregorio, algebra, 121.
Fosfori, 489.
Francone, 263.
Franklin, 578, 588.
Frenicle, aritmetica, 59, 69: algebra, 96, seg.
Frisio, 119, 211, 230.
Fuoco, 480: suo peso, 483. Fuoco centrale, 484.

G

Galileo, geometría, 147: meccanica, 182: orologio oscillatorio, 189, seg.: idrostatica, 215: nautica, 237 musica, 260: ottica, 292, 295: astronomia, 349: fisica generale, 412, 421: fisica particolare, 449, 452, 512, 528, 532: calamita, 555: venti, 540.
Gassendo, 354, 397, 414, 532.
Gentil, 20, 383, 386.
Gerberto, 14, 29, 31, seg.: citato per le cifre numerali, 53: aritmetica, 62, 143.
Gherardo, 33.
Gilberto, 449, 554, 571.
Giovanni di Muris, 263.
Godin, 376, 564.
Grange (la), aritmetica, 76: algebra, 119: geometría, 174: meccanica, 211: idrostatica, 229: acustica, 279: astronomía, 379.

Greci, 5, seg.: veri padri delle matematiche, 21, seg.: tradotti, 35.
Gregorio San Vincenzo, 161.
Gregori, algebra, 111: geometría, 165: ottica, 298, 304.
Grei, 573.
Grimaldi, 185, 301, 413.
Guericke, 419, 423, 427, 456, 458: elettricità, 572.
Guglielmini, 220.
Guidone Aretino, 262.
Guidubaldo, 181, 291.
Guldino, 149.

H

Hauksbeo, 425, 434, 572.
Herschel, 313, 388.
Hire (la) aritmetica, 58, seg., 74, 240: aria, 464: fontane, 517: meteorología, 529, 530: ago calamitato, 560.
Hoste, 242.

I

Igrometro, 426.
Ipparco, 328.
Ippaso, 249.
Ippocrate chio, 126, 127, 128.
Ippocrate medico, 524.

J

Juan, 200, 211, 212, 228.

K

Keplero, 148: ottica, 291, 293, 456: astronomía, 345.
Kircher, 420, 548, 551, 556.
Knight, 564.

L

Lande (de la), 386.
Landriani, 478.
Lavoisier, 472, 479, 494.
Lecchi, 230.
Leibnizio, aritmetica, 71, seg., 73: algebra, 102, seg., 111: geometría, 168: meccanica, 200: fisica, 431:
Leonardo di Pisa, 34, 50, 57: aritmetica, 62: algebra, 80, 83.
Logaritmi, 65, seg..
Lorgna, 121, 211, 230, 523.
Luca Pacioli, aritmetica, 64: algebra, 81, 85.
Luc (de), 424, 426, 597.
Lucrezio, 407, 409, 546.
Luoghi geometrici, 129, seg.

M

Macchina pneumatica, 427, seg.
Maclaurin, 108, 225, 243, 432, 434.
Mairan, musica, 281: figura della terra, 376: fisica, 425, 442: fuoco centrale, 484: atmosfera, 468: ghiaccio, 513: aurora boreale, 533, 534.
Mariotte, idrostatica, 219: aria, 459, 461, seg.: origine delle fontane, 517: meteorología, 529: venti, 540.
Maupertuis, 206, 376, 434.
Menecmo, 130.
Mercator, 101, 111, 164.
Messier, 388.
Meteorología, 524, seg.: studiata dagli antichi, 523: da' moderni, 528, seg..
Microscopj, loro invenzione, 295.
Moamad, aritmetica, 49: algebra, 80, 81.
Montgolfier, inventore de' globi aereostatici, 476.

Muschembroek, 240, 426, 438: aria, 459, 465: pirometro, 487. 502: vapori, 504: evaporazione, 507: meteorología, 531: calamita, 562: rugiada, 537: venti, 541: elettricità, 574.
Musica, sua origine, 248: greca, 248, seg.: suo merito, 258: della chiesa, 260, seg.: sua introduzione nella poesia volgare, 264: sue scuole, 266: suo ristoramento, 267.
Mur, 369.

N

Neper, logaritmi, 65, seg..
Newton, aritmetica, 73: algebra, 101, seg., 111: geometria, 166, seg.: meccanica, 194, seg.: idrostatica, 222: acustica, 272: ottica, 298, 301: astronomía, 366, 375: fisica, 424, 429: elettricità, 572.
Nicomaco, aritmetica, 47: musica, 248, 255.
Nollet, 428, 439: aria, 460, 466: fluidità dell'acqua, 503: vapori, 504: ebollizione, 509: ghiaccio, 515: elettricità, 574, 576.
Nugnez, o Nonio, algebra, 91: geometría, 145: nautica, 240: declinazione dell'ago calamitato, 553.

O

Occhiali, loro invenzione, 289.
Oviedo, declinazione dell'ago, 552, 561.

P

Paolo Dagomari, aritmetica, 63, 84.
Pappo, aritmetica, 48: geometría, 130, 131, 139, 179.
Pardies, 240.
Pascal, aritmetica, 68: algebra, 84: idrostatica, 219, 419, 425, 454.
Picard, 365, 375.
Piroforo, 491.
Pirometro, 487.
Pittagora, aritmetica, 39, seg.: geometría, 125: musica, 248, 250: astronomia, 320.
Place, 121, 379, seg.
Platone, 45, 128, 130, 323, 545.
Poleni, 469, 531, 569.
Porta, 290, 420, 449, 520, 554.
Priestley, prefazione, VII: arie, 472, seg.: elettricità, 570, 596.
Purbac, 144, 338.

Q

Quadratura del circolo, 126, 135, 161.

R

Rameau, 282.
Ramos Bartolommeo, 266.
Reamur, 474.
Regiomontano, 14, 63, 84, 144, 338.
Renau, 241.
Ricatti, 13, 119, 201, 211, 281.
Riccher, 365, 375, 468.
Riccioli, 185, 357, 413.
Roberval, 153, seg., 186, 454, 458, 460.
Roemero, 365.
Roi (le), 539, 593, 567.
Rolle, 106, 114.
Romani, 8, seg., 28.
Rugiada, 536.

S

Salinas, 269.
Saussure, 427.
Sauveur, 73, 275.
Scheinero, 294, 353.
Senebier, 492. 498.
Seneca, 287, 397, 398, 407, 409, 448, 450, 525.
Sezioni coniche, 128.
'sGravesande, 436, 483.
Specchj ustorj, 286, 305, seg., 495, seg..
Stevin, 181, 215.
Symmer, 584, 586.

T

Tailor, 111, 113, 170, 276, 562.
Talete, 124, 320, 395.
Tartaglia, 64, 85, 146, 181.
Tartini, 283.
Tebit, aritmetica, 49: algebra, 82: geometría, 142: nautica, 234: astronomía, 336.
Telescopi, loro invenzione, 292: cattotrici, 298, 302, seg.: acromatici, 307.
Termeyer, 592.
Termometro, 421.
Ticone, 342.
Toaldo, 239, 469, 543.
Tolommeo, musica, 252: ottica, 287: astronomía, 332.
Torricelli, 153, seg., 185, 217, 418, 425, 453.
Trisezione dell'angolo, 131.
Tschirnausen, 270, 305.

U

Ugenio, aritmetica, 73: geometría, 163: meccanica, 188, seg.: orologio oscillatorio, 189, seg.: nautica, 241: ottica, 299: astronomía, 356, 375, 429.
Ulloa, 535.

V

Valerio Luca, 147, 181.
Vallisnieri, 518.
Van Swinden, 544, 567, 597.
Variazioni dell'ago, 568.
Varignon, 199, 203.
Vatson, 575.
Venti, 539.
Vieta, 65: algebra, 91: geometría, 146.
Vittoria Lodovico, 263.
Viviani, 130, 157, 185, 418.
Volta, aria infiammabile, 475: elettricità, 594.

W

Wallis, aritmetica, 72, seg.: algebra, 101, 111: geometría, 164: meccanica, 188.
Walsh, 592, 593.
Wilson, 575, 582, 587, 588.

X

Ximenes, 84, 211, 230, 363.

Z

Zarlino, 268.

Pag.	linea	ERRORI	CORREZIONI.
19	*penultima*	certi	certo
25	*prima*	avanz	avanzi
33	*in fondo*	deliramento	deliramenta
39	15	Malata	Malala
40	12	rimangano	rimangono
52	6	6 9	69
74	3	Petry	Petty
79	*in fondo*	qualeche	qualche
87	12	quelle	quelli
99	3	ragioni	regioni
100	*in fondo*	florimendi	florimondi
101	27	*infiute* nella	*infiute*, nella
105	7	e quello	e quello
108	3	le semplicità	la semplicità
109	*ultima*	rilevatori	rivelatori
112	*in fondo* (*prima*	antichi	autori
	(*quarta*	meth.	mem
121	9	volontieri	volentieri
129	*prima*	e quali	le quali
	7	Lezioni	Sezioni
135	*prima*	proposto	proposito
136	22	Dosisteo	Dositeo
	23	(d)	(sic)
	in fondo	(d) sic	. . . . . .
143	22	Gerberto Campano	Gerberto, Campano
159	10	la costruzione	per la costruzione
160	6	con	col
195	7	Elisse	Ellisse
200	9	Iuan	Juan
206	17	oscillazione ;	oscillazione,
	18	, rese	; rese
211	*antepenultima*	dell'idrodinamica	e dell'idrodinamica
223	25	verticoso	vorticoso
231	22	possono	possano
	24	acertatamente	accertatamente
232	10	replicate	replicata
277	18	*generatici*	*generatrici*
302	17	sottomise	si sottomise
376	7	Maian	Mairan
408	22	ardentemente	e ardentemente
419	19	dello	dallo
420	4	sperienza	sperienze
422	19	natuta	natura
454	19	, minore	minore
	25	ascendeva	discendeva
458	*in fondo*	Boile	(b) Boile
	(b)	Lib.	Guer. Lib.
471	16	solidi animali	solidi, animali
478	*in fondo*	Lett. io D.r	Lett to D.r
487	10	icciesce	acciesca
501	*in fondo*	Fisica tr. u.	Fisica tr. v.
507	6	re su	se su
519	14	opposti	Apposti
545	23	della calamita	dalla calamita
553	*in fondo*	Newt. attration	New attraction
562	5	inventato	inventate
579	14	*affiuente*	*affiuente*
583	*in fondo*	de elecricitatibus	de electricitatibus